

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: B2341 strojírenství

Zaměření: řízení výroby

Optimální řešení měření teploty forem pro výrobu PUR tvarovek pro firmu „proseat Mladá Boleslav s.r.o.“

**The optimal solution of temperature measurement of moulds for production of
PUR pieces in proseat Mladá Boleslav company**

KOM 1135

Milan Karásek

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.

Konzultant: Ing. Jiří Karásek

Ing. Zuzana Letková (proseat Mladá Boleslav s.r.o.)

Počet stran: 51

Počet tabulek: 9

Počet obrázků: 9

Počet grafů: 31

17.5.2010



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Studijní rok : 2009 / 2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení : **Milan K A R Á Š E K**
Studijní program : B2341 Strojírenství
Studijní obor a zaměření : 2301R030 Výrobní systémy
- řízení výroby

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

**Optimální řešení měření teploty forem pro výrobu PUR tvarovek
pro firmu „proseat MLADÁ BOLESLAV s.r.o.“**

Zásady pro vypracování :

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Úvod - problematika měření teploty.
2. Způsoby měření teploty forem pro výrobu PUR tvarovek.
3. Realizace různých způsobů měření teploty forem.
4. Zpracování dosažených výsledků.
5. Vyhodnocení výsledků a nalezení optimálního řešení.

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva : 30 - 40 stran textu
- grafické práce : obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu) :

1. PTÁČEK, J., JENČÍK, J., ČERNÝ, M., BOROVÍČKA, M., RAMERT, B.
Měření teploty v průmyslu sv.1, 2. vyd., Praha : DT ČSVTS, 1993, 339 s
2. PTÁČEK, J., JENČÍK, J., ČERNÝ, M., BOROVÍČKA, M., RAMERT, B.
Měření teploty v průmyslu sv.2, 2. vyd., Praha : DT ČSVTS, 1993, 272 s.
3. BROŽ, J. a kol. Základy fyzikálních měření I. a II., SPN, 1983.
4. BROŽ, J., ROSKOVEC, V. Základní fyzikální konstanty, SPN, 1987.
5. AMBROS, F. Experimentální metody, 1. vyd., ČVUT, 1986, 155 s.
6. www.qtest.cz - měřicí a přístrojová technika.

Vedoucí bakalářské práce : Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jiří Karásek
Ing. Zuzana Letková (proseat MLADÁ BOLESLAV s.r.o.)

Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.
vedoucí katedry



Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci, dne 26.2.2010

**Optimální řešení měření teploty forem pro výrobu PUR tvarovek
pro firmu „proseat Mladá Boleslav s.r.o.“**

ANOTACE:

Práce se zabývá návrhem optimálního řešení měření teploty pro výrobu forem PUR tvarovek. Teoretická část práce informuje o společnosti proseat Mladá Boleslav a problematice měření teploty. Praktická část se zabývá způsoby měření teploty forem, měřicími přístroji, zpracování, vyhodnocení naměřených hodnot a nalezení optimálního řešení.

**The optimal solution of temperature measurement of moulds for production of
PUR pieces in proseat Mladá Boleslav company**

ANNOTATION:

This bachelor work deals with the suggestion of optimal solution of temperature measurement of moulds for production of PUR pieces. The theoretical part informs about proseat Mladá Boleslav company and about problems of temperature measurement. The practical part deals with ways of temperature measurement of moulds, measuring instruments, measurement data processing and their interpretation. In the conclusion is found the optimal solution.

Klíčová slova: MĚŘENÍ, TEPLOTA, FORMA

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2010

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 51

Počet tabulek: 9

Počet obrázků: 9

Počet grafů: 31

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 17. května 2010

Podpis

Obsah:

1 Úvod	8
2 Firma proseat Mladá Boleslav s.r.o.....	9
2.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O FIRMĚ.....	9
2.2 VÝROBNÍ LINKY.....	10
2.3 CÍL VÝROBY.....	10
2.4. VÝROBNÍ TOK.....	10
3 Problematika měření teploty	12
3.1 POJEM TEPLOTA.....	12
3.2 HISTORIE MĚŘENÍ TEPLoty.....	12
3.3 ZAVEDENÍ TEPLOTNÍ STUPNICE.....	12
3.4 ZPŮSOBY MĚŘENÍ TEPLoty.....	14
3.4.1 Dotykové teploměry	14
3.4.1.1 Termoelektrické teploměry	15
3.4.2 Bezdotykové snímače teploty.....	16
3.4.2.1 Pyrometry dle konstrukce	17
3.4.2.2 Pyrometry dle způsobu zpracování signálu	18
3.4.2.2.1 Subjektivní pyrometry.....	18
3.4.2.2.2 Objektivní pyrometry.....	18
3.4.2.3 Pyrometry dle spektrální oblasti měření.....	18
4 Způsoby měření teploty forem pro výrobu tvarovek	19
4.1 FORMY PRO VÝROBU PUR TVAROVEK.....	19
4.1.1 Lité formy.....	20
4.1.2 Frézované formy.....	21
4.1.3 Epoxidové formy	21
4.2 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE.....	21
4.2.1 Termoelektrický teploměr-Dotyková sonda „QUICK“	21
4.2.1.1 Použití a popis	22
4.2.1.2 Příprava měření, vlastní měření a údržba.....	22
4.2.1.3 Technické údaje.....	23
4.3.2 Bezdotykový teploměr – Omegascope OS532.....	23
4.3.2.1 Popis teploměru.....	24
4.3.2.2 Princip a vlastní měření.....	24
4.3.2.3 Technické údaje.....	26

4.3 ŽIVOTNÍ CYKLUS MĚŘICÍHO PŘÍSTROJE	26
5 Realizace různých způsobů měření teploty forem	28
5.1 ZVOLENÍ VZORKU	28
5.2 URČENÍ ZAČÁTKU MĚŘENÍ.....	28
5.3 POSTUP MĚŘENÍ TEPLoty FOREM.....	29
6 Zpracování dosažených výsledků	31
7 Vyhodnocení a nalezení optimálního řešení.....	44
7.1 VYHODNOCENÍ PROVEDENÉHO MĚŘENÍ	44
7.2 POROVNÁNÍ POUŽÍVANÝCH MĚŘÍCÍCH ZAŘÍZENÍ	44
7.3 NALEZENÍ OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ.....	46
8 Závěr	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ	50
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	51

1 Úvod

Zpracování mé bakalářské práce se týká oboru zvané metrologie. S tímto vědním oborem se samotné lidstvo setkává již od samého počátku existence na naší planetě.

Metrologie je vědou o měření, jejíž dovednost aplikace je zásadní nutností prakticky u všech profesí s vědou spojených. Nakonec samotná věda je naopak závislá na samotném měření.

Metrologie se stala přirozenou součástí našeho každodenního života. Člověk se s ní setkává, aniž by si to uvědomoval, proto není překvapivým faktem, že v moderním průmyslu představují náklady spojené s prováděním měření 10-15% celkových výrobních nákladů.

Výběr vlastního tématu vznikl na požadavky společnosti proseat Mladá Boleslav s.r.o. (dále jen proseat), která již několik let řeší otázku jakými typy teploměrů měřit teplotu forem pro výrobu polyuretanových tvarovek. Doposud je ve firmě proseat měření této teploty prováděno jak bezdotykovými, tak dotykovými měřidly. Jelikož postupy měření jsou nejednotné, rozhodlo se vedení společnosti vybrat pouze jednu variantu, která bude do budoucna vhodná pro měření teploty forem.

K proniknutí do zmiňované problematiky a nalezení vhodného řešení jsem za nutné považoval se nejprve seznámit obecně se společností proseat, poté s výrobní linkou, dosavadním průběhem měření teploty, používanými měřicími přístroji a také dalšími problémy vznikajícími při výrobě pracovní linky.

Jako demonstrativní vzorek jsem zvolil pět nosičů forem linky OBK 21, na kterých jsem zaznamenával teplotu po celý pracovní týden. Těchto pět zvolených forem jsem měřil dvěma odlišnými měřicími zařízeními. Prvním typem měřícího zařízení byl termoelektrický teploměr s dotykovou sondou „QUICK“. Druhým typem měřícího zařízení byl bezdotykový teploměr značky Omegascope OS532.

Naměřené teploty jsem po celý týden pečlivě zaznamenával, zpracoval a v závěru došel k vyhodnocení daného problému.

2 Firma proseat Mladá Boleslav s.r.o



2.1 Základní údaje o firmě

Firma proseat Mladá Boleslav s. r. o. vznikla dne 11. 7. 1996 a má sídlo v Mladé Boleslavi. Postupem času společnost změnila třikrát svoje jméno, nejprve se jmenovala GUMOREC, s.r.o., poté se podnik přejmenoval na Recticel Mladá Boleslav, s.r.o. a v roce 2004 vzniká společnost proseat jako joint ventures belgické společnosti Recticel a kanadské společnosti Woodbridge.

Obě tyto společnosti, které mají dlouholeté zkušenosti s výrobou polyuretanových výrobků, vložili své evropské výrobní závody a zkušenosti do nové společnosti, která se specializuje na výrobu tvarovek z polyuretanové pěny (dále jen PUR) pro sedačky různých výrobců automobilů.

Společnost proseat má v současné době sedm přímých výrobních závodů v pěti zemích, jedná se o závody Espelkamp a Russelsheim v Německu, Hulshout v Belgii, Manchester v Anglii, Trilport ve Francii, Santpedor ve Španělsku a závod Mladá Boleslav v ČR. Mimo tyto základní závody má proseat další dva společné podniky se společností Johnson Controls na Slovensku a Polsku.

Mezi největší a nejdůležitější závody patří právě závod proseat v České republice, který se nachází v Mladé Boleslavi. Samozřejmostí je plnění norem a standardů kvality, čehož jsou důkazem certifikáty ISO TS 16949:2002 a ISO 14 001, přičemž každý rok probíhá recertifikační audit

2.2 Výrobní linky

Firma proseat své výrobní linky umístěny ve dvou lokalitách. První z nich se nachází přímo v areálu společnosti ŠKODA AUTO a. s, druhá v průmyslové zóně Řepov nedaleko Mladé Boleslavi.

V základním závodě v areálu ŠKODA AUTO a. s. jsou umístěny dvě výrobní linky vybavené nosiči pro 34 forem, sklad základních surovin a přípravná směsí pro obě lokality.

Ve druhé výrobní lokalitě je umístěna výrobní linka s nosiči pro 24 forem, menší linka karusel s 12 nosiči, vývojové pracoviště a také sklad všech hotových výrobků určených k expedici zákazníkům. Výhodou závodu v Mladé Boleslavi je umístění vývojového pracoviště, které spolupracuje s vývojáři zákazníků, a připravují se zde vzorky dílů a nářadí pro sériovou výrobu.

2.3 Cíl výroby

Hlavním předmětem činnosti společnosti je výroba a prodej výrobků z polyuretanové pěny jako jsou sedáky a opěry autosedaček, hlavové a loketní opěrky. Nejčastěji vyráběné výrobky jsou do téměř všech vozů značky Škoda, dále automobily značky VW, Audi, TPCA a Volvo. Obchody jsou prováděny dlouhodobě, zpravidla po celou dobu výroby příslušného typu automobilu.

2.4. Výrobní tok

Než dojde k vlastní výrobě dílů, je třeba každý výrobek vyvinout, odzkoušet a připravit pro sériovou výrobu.

Po získání zakázky začínají pracovníci vývojového oddělení společnosti proseat spolupracovat s vývojovým oddělením zákazníka na přípravě vývojových vzorků a konstrukci prototypového a později i sériového výrobního nářadí. Pro tyto účely je toto oddělení vybaveno vývojovou dílnou s CAD stanicí.

Následuje testování jednotlivých vyrobených vzorků ve vybavených laboratořích přímo v Mladé Boleslavi, kde se provádí ověřování mechanických parametrů za různých klimatických podmínek včetně testu hořlavosti.

Základním materiálem pro výrobky je směs připravovaná z polyolu a přídavných katalyzátorů, které po smíchání s izokyanátem vytvoří strukturu PUR výrobku. Všechny tyto materiály jsou skladovány v zásobnících ve skladu surovin a jednotlivé směsi jsou připravovány v přípravně směsí v základním závodě.

Vlastní výroba dílů začíná smícháním připravené směsi a izokyanátu ve směšovací hlavě upevněné na robotu u každé výrobní linky a nalitím do předehřáté formy. Po dozrání pěny v uzavřené formě dojde k opětovnému otevření víka formy. První operací je vyjímání dílů z formy. Následuje vyčištění dělicích rovin na jednotlivých formách, nastříkání separace zabraňující přichycení materiálu.

Poslední operací na výrobní lince je vložení správných insertů (klipů, vlisů, drátů atd.) do příslušných forem. Po vyjmutí je nutné zajistit promáčknutí dílů v mechanickém nebo vakuovém promáčkávači. Následuje ostříhnutí dílů, přesunutí na stanoviště první kontroly, překontrolování kvality dílů podle katalogů kvality pro jednotlivé projekty a roztřídění na díly, které jsou v pořádku a na díly, které půjdou na stanoviště oprav. Po opravení dílů dochází k opětovné kontrole kvality.

Všechny vyrobené díly přicházejí na pracoviště balení, kde jsou jednotlivé díly zabaleny do správných obalů podle schváleného balicího předpisu. Takto připravené kontejnery jsou naskladněny ve skladu hotových výrobků a dle objednávek zákazníků dodávány na určená místa.

3 Problematika měření teploty

3.1 Pojem teplota

Teplota je jednou z nejdůležitějších stavových veličin ovlivňující téměř všechny stavy a procesy v přírodě. Při měření teploty nestačí pouze použít přesného teploměru a zaručit správné údaje, ale je nutno teploměr zabudovat tak, aby správně měřil. Teplota je veličina, která charakterizuje, zda látka při tepelném kontaktu s jinou látkou bude či nebude v tepelné rovnováze (zda bude či nebude přijímat nebo předávat teplo).

3.2 Historie měření teploty

Historii měření teploty datujeme již od dob starověku, kdy se začalo používat k prvním měřením teploty roztažnosti tuhých látek, kapalin a plynů. Samotná historie teploměru začíná vynálezem italského fyzika, astronoma, matematika a filozofa Galilea Galilei roku 1592. Tento teploměr pracoval na principu teplotní roztažnosti vzduchu, byl závislý na atmosférickém tlaku, ale nebyl přesný. Roku 1724 přichází německý fyzik Daniel Gabriel Fahrenheit s prvním použitelným rtuťovým skleněným teploměrem a s první teplotní stupnicí. Od této doby se vývoj teploměrů a teplotních stupnic nezastavil.

3.3 Zavedení teplotní stupnice

K měření teploty lze využít například fyzikálních principů:

- objemová roztažnost kapalin a plynů,
- délková roztažnost pevných těles,

- změna elektrického odporu vodičů a polovodičů,
- termoelektrický jev,
- změna tlaku syté páry,
- tepelné záření,
- a další fyzikální principy.

Aby bylo dosaženo stejných výsledků měření, bylo nutno sestavit jednotnou teplotní stupnici, která by nebyla závislá na zvoleném principu měření. Takovou stupnicí je termodynamická teplotní stupnice odvozená z účinnosti vratného tepelného stroje (Carnotův ideální stroj). Jednotkou termodynamické teploty T je kelvin (K).

Pro obtížnou realizaci termodynamické stupnice byla zavedena mezinárodní teplotní stupnice. Mezinárodní teplotní stupnice 1990-ITS-90 (z anglického: The International Temperature Scale of 1990) je definována od $0,65\ K$ do teplot prakticky měřitelných v podmínkách Planckova radiačního zákona. Tato teplotní stupnice značená T_{90} je tvořena tak, aby jednotlivé rozsahy měření T_{90} těsně vyjadřovaly číselné hodnoty termodynamické teploty a měly vysokou reprodukovatelnost.

Vztah mezi termodynamickou a Celsiovou teplotou udávají rovnice

$$T\ (K) = T_0 + t = 273,15 + t\ (^{\circ}C)$$

$$t\ (^{\circ}C) = T - T_0 = T\ (K) - 273,15$$

Rozdíl teploty $1\ K$ je přesně roven $1^{\circ}C$

3.4 Způsoby měření teploty

Pro měření teploty se využívají teploměrná zařízení a teploměry.

Teploměrná zařízení jsou složeny ze snímačů teploty, pomocných a vyhodnocovacích zařízení. Teploměry jsou kompaktní zařízení, které mají v jednom celku zabudovanou snímací, indikační případně vyhodnocovací část.

Měření teploty lze rozdělit na:

- dotykové (jsou v přímém kontaktu s měřenou látkou),
- bezdotykové (nejsou v přímém kontaktu s měřenou látkou).

3.4.1 Dotykové teploměry

Dotykové teploměry můžeme rozdělit z hlediska fyzikálního principu na:

- a) **dilatační** - založeny na principu teplotní roztažnosti tuhých látek, kapalin, par nebo plynů,
- b) **tlakové parní** - založeny na principu teplotní závislosti tlaku syté páry teploměrové kapaliny,
- c) **odporové** - založeny na principu teplotní závislosti elektrického odporu vodičů a polovodičů,
- d) **termoelektrické** - založeny na principu teplotní závislosti termoelektrického jevu (podrobněji viz 2.4.1.1),
- e) **speciální** - založeny na principu změn určitých fyzikálních vlastností tuhých látek a kapalin s teplotou (například změna barvy, index lomu, tavení, měknutí atd.).

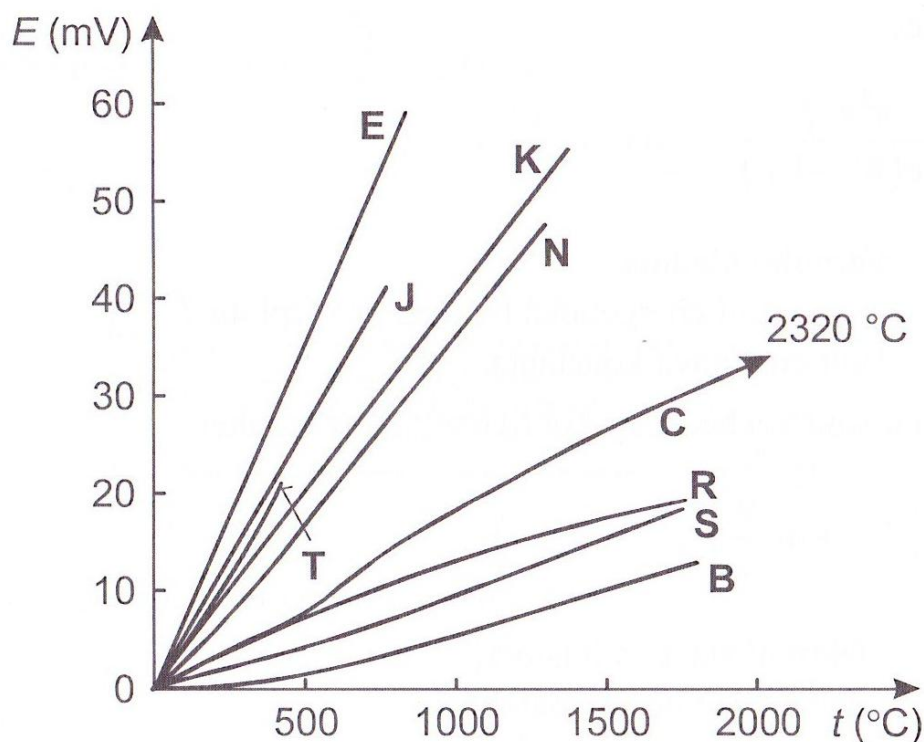
3.4.1.1 Termoelektrické teploměry

Jako první objevil v roce 1822 Thomas Johann Seebeck termoelektrický jev, který se projevuje vznikem termoelektrického napětí ve spojených vodičích, jejichž konce mají různou teplotu. Seebeckův jev se prakticky využívá např. při měření teploty pomocí termočlánků.

Označování termoelektrických článků bylo dříve velmi nejednotné. Z počátku se používalo výhradně označení odvozené od jména autora, dvojice nebo prvního výrobce (např. Konstantan, Alumel, Chromel). Z tohoto důvodu mezinárodní elektrotechnická komise (IEC) vypracovala nové označení, skládající se značek prvků.

<i>Označení</i>	<i>Materiál</i>	<i>Měřicí rozsah (dlouhodobě) °C</i>	<i>Barevné označení</i>	<i>Původní označení (barva)</i>
T	Cu-CuNi	-200 až 400	oranžová	Cu-Ko (hnědá)
J	Fe-CuNi	-200 až 760	černá	Fe-Ko (modrá)
E	NiCr-CuNi	-100 až 700 (900)	hnědá	NiCr-Ko (zelená)
K	NiCr-NiAl	-200 až 1000 (1300)	žlutá	NiCr-Ni (zelená, žlutá)
S	PtRh10-Pt	0 až 1300 (1600)	zelená	PtRh-Pt (bílá)
R	PtRh13-Pt	0 až 1300 (1600)	zelená	PtRh13-Pt (bílá)
B	PtRh36-PtRh6	300 až 1600 (1800)	fialová	PtRh18 (bílá)

Tab. 1: Přehled typů vybraných termočlánků



Graf 1: Charakteristiky vybraných termoelektrických článků

3.4.2 Bezdotykové snímače teploty

Bezdotykové měření teploty je měření povrchové teploty těles na základě vysílaného elektromagnetického záření tělesem a přijímaného senzorem (detektorem) záření vlnové délky od 0,4 μm do 25 μm .

Základní rozdělení snímačů bezdotykového měření je provedeno podle způsobu vyhodnocení informace o teplotě zaměřované plochy. Podle toho se dělí na zobrazovací a měřicí.

Měřicí bezdotykové snímače teploty indikují teplotu na základě záření celé zaměřované plochy. V České Republice se všeobecně bezdotykové teploměry nazývají pyrometry, ale ve světě se prosazuje i jiný název, kterým je infračervený teploměr.

Zobrazovací bezdotykové snímače teploty se dále dělí na fotografické a termovizní.

Fotografické metody zviditelňují infračervené záření předmětů v zaměřovacím poli zčernáním černobílého fotografického materiálu nebo barevným odstínem barevného fotomateriálu.

Termovizní snímače, které jsou taky nazývány termovize, přivádějí infračervené záření jednotlivých bodů na elektrický signál. Ten je dále zpracován metodou obdobnou zpracování televizního signálu. Termovize se podle způsobu rozkladu zaměřovaného obrazu na jednotlivé body dělí na zařízení s mechanickým rozkladem obrazu a elektronickým rozkladem obrazu.

Rozdělení pyrometrů jako snímačů teploty lze provést dle konstrukce pyrometru, dle způsobu zpracování signálu či dle spektrální oblasti měření.

3.4.2.1 Pyrometry dle konstrukce

Tohoto rozdělení často využívají výrobci, kteří pyrometry dělí např. podle použité optiky, způsobu zaměřování pyrometru, způsobu řešení optické cesty, vyhodnocovacích elektronických obvodů atd. Pro uživatele z hlediska konstrukce pyrometru je důležité rozdělení pyrometru podle způsobu odvození teploty z dopadajícího záření.

Je-li detektorem lidské oko, které srovnává dopadající záření se zářením pomocného zářiče, mluvíme o pyrometrech subjektivních. Převádí-li detektor dopadající záření elektrický signál, který je dále zpracováván na teplotní údaj, mluvíme o pyrometrech objektivních.

3.4.2.2 Pyrometry dle způsobu zpracování signálu

3.4.2.2.1 Subjektivní pyrometry

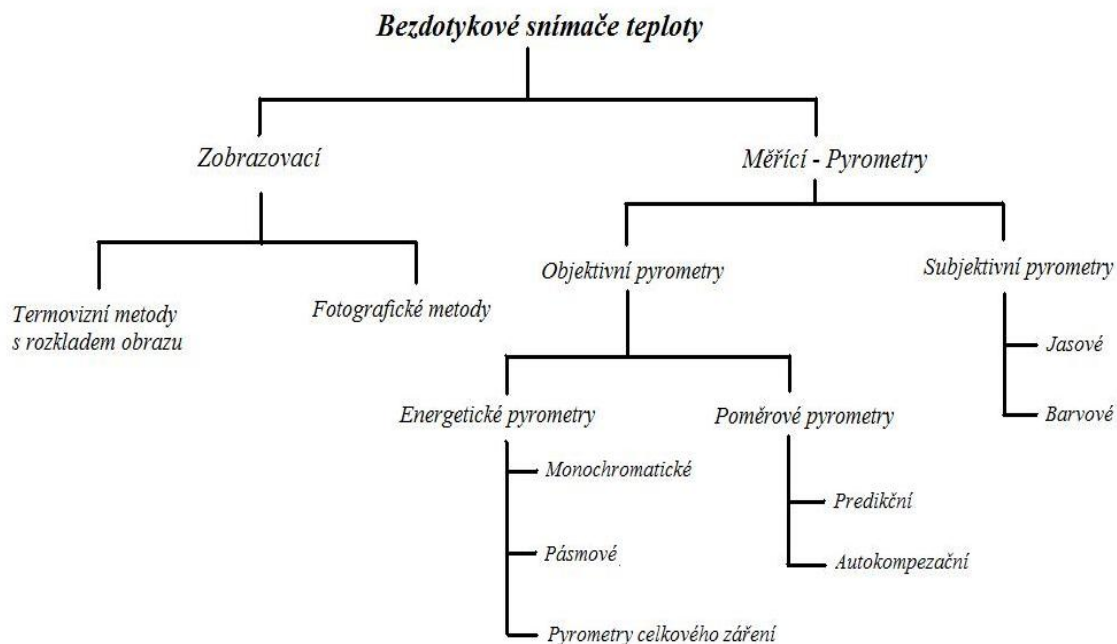
Subjektivní pyrometry se podle zpracování signálu dělí na jasové a barvové. Jasové pyrometry měří teplotu srovnáváním záření na jedné vlnové délce, obvykle 0,65 μm . U barvových se měření provádí srovnáváním dopadajícího záření se zářením pomocného zdroje na dvou vlnových délkách viditelného záření nebo kombinací srovnávání záření při současném dosažení určitého barevného odstínu fiktivního obrazu v okuláru.

3.4.2.2.2 Objektivní pyrometry

Objektivní pyrometry se podle způsobu zpracování signálu detektorem dělí na energetické a poměrové. Energetické měří teplotu na základě intenzity záření dopadajícího na detektor. Mírou teploty je velikost napětí nebo proudu vznikajícího na detektoru záření, který je dále přímo zpracováván na údaj teploty. Poměrové pyrometry odvozují teplotu na základě měření intenzity záření ve dvou nebo více spektrálních oblastech, z nichž je potom ve vyhodnocovací jednotce určovaná teplota.

3.4.2.3 Pyrometry dle spektrální oblasti měření

Toto dělení je významné pro praktické použití, neboť umožňuje energetické pyrometry, které jsou v praxi nejvíce používané dělit do skupin se společnými vlastnostmi. U jednoho druhu lze stejným způsobem provádět např. korekce údaje pyrometru na základě známých vlastností měřeného prostředí – emisivity měřeného povrchu, propustnosti atmosféry, vlivu cizích zářičů apod.



Obr 1: Rozdělení bezdotykových snímačů teploty

4 Způsoby měření teploty forem pro výrobu tvarovek

4.1 Formy pro výrobu PUR tvarovek

Konstrukce samotných forem se zhotovuje o 1,5 % větší než jsou rozměry finálního výrobku a to z důvodu smrštění materiálu. Formy po ukončení životnosti projektu se ponechávají na dobu 15 let pro výrobu náhradních dílů, kdy se jedná o výrobu v rámci desítek kusů.

Druhové rozdělení forem:

a) dvoudílné

- skládající se z vany a víka, přičemž vana je tzv. strana A (pohledová) a víko je strana B

- použití pro výrobu předních a zadních sedáků
- b) třídlné
- skládající se z vany, středního dílu a víka
 - použití pro výrobu přední a zadní opěry

Tato forma je konstrukcí složitější z důvodu technických úprav na konečném výrobku jako je např. okno z boku pro airbagový modul.

Složení PUR tvarovek:

- k výrobě PUR tvarovek se používají dva typy pěn (MDI a TDI)
- klipy – sloužící k upevnění potahu
- vlisy – netkané geotextilie
- petex – plastové díly ke zpevnění výrobku
- dráty – Ø 2 mm
- drátěné rámy - Ø 7 mm
- suché zipy – sloužící podobně jako klipy k upevnění potahů

Firma proseat Mladá Boleslav s.r.o. pracuje se třemi typy forem:

- lité
- frézované
- epoxidové

4.1.1 Lité formy

Složení: Al+Si10+Mg.

Tento typ forem se skládá z pracovního modelu a licího modelovacího zařízení se zaformováním, poté již vzniká odlitek. Využití tohoto typu forem je zejména pro sériovou hromadnou výrobu. Jejich výhoda je v opakovatelnosti (životnost 6-7 let, což je životnost projektu) a dále také v rozložení teplot po celé ploše formy (± 3 °C).

4.1.2 Frézované formy

Složení: Al+Mg4,5+Ma0,7.

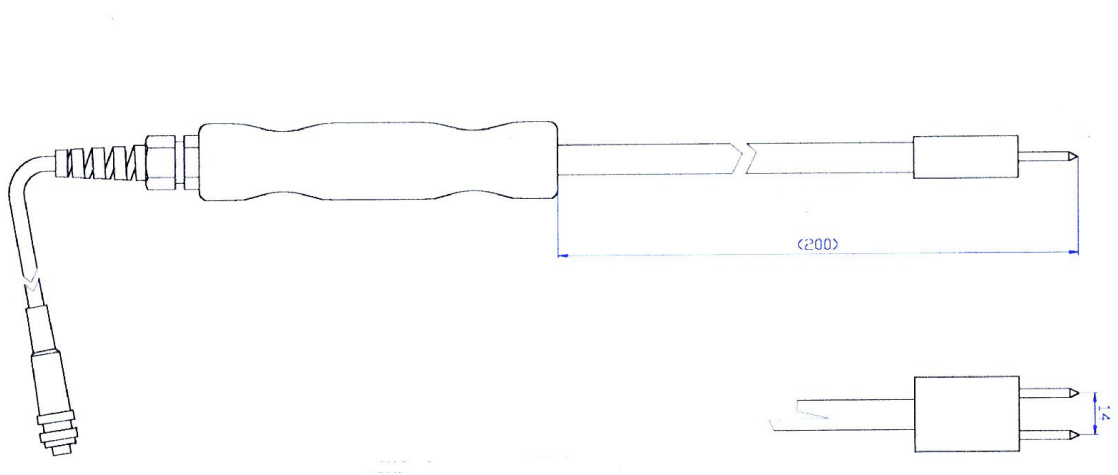
Tento typ forem se využívá pro sériovou výrobu, kde ovšem není tak výhodný. Proto nachází využití spíše pro prototypy, kde finální výrobek má radiusy min. R3. Výhodou frézovaných forem je opět jejich opakovatelné použití. Nevýhodou ve srovnání s litými formami je jejich delší doba zahřátí.

4.1.3 Epoxidové formy

Tento typ forem se využívá pouze pro prototypy, kde se výroba pohybuje v rámci desítek kusů.

4.2 Měřicí přístroje

4.2.1 Termoelektrický teploměr-Dotyková sonda „QUICK“



Obr. 2: Dotyková sonda „QUICK“

4.2.1.1 Použití a popis

Dotyková sonda „QUICK“ je určena pro rychlé měření povrchové teploty pevných, elektricky vodivých předmětů v průmyslových provozech. Má krátký čas teplotní odezvy, dobrou mechanickou odolnost proti tlakům a vibracím.

Čidlem sondy je rozpojený termočlánek podle ČSN 25 8304, typ „K“ s průměrem 3mm, jehož jednotlivé větve jsou zabroušeny do hrotů pro lepší kontakt s měřeným předmětem. Nejlepších výsledků měření je dosahováno při použití bateriových přístrojů řady „THERM“ se speciálním algoritmem pro měření povrchových teplot.

4.2.1.2 Příprava měření, vlastní měření a údržba

Sonda „QUICK“ může být používána pouze pro měření teplot pevných těles v součinnosti s vyhodnocovacím zařízením. Před měřením připojíme sondu k měřicímu přístroji a zkontrolujeme, zda je na přístroji nastaven rozsah pro termočlánek typu „K“.

Sondu uchopíme za rukojeť a měřicí hroty přiložíme kolmo k měřené formě tak, aby oba hroty s ní byly v kontaktu. Tlak vyvinutý na sondu při měření musí odpovídat stupni případného znečištění povrchu měřené formy. Správná teplota se na displeji přístroje ustálí v rozmezí 2 až 5 sekund. Teplota měřicí hlavičky nesmí překročit teplotu 120 °C.

Samotná sonda „QUICK“ nevyžaduje zvláštní údržbu. Měřicí hlavičky by se měla udržovat v čistotě, aby případné nečistoty nezpůsobovaly zkrat termočlánekových větví. Dále je nutno kontrolovat samotné hroty sondy, které vyžadují občasné přibroušení. Hroty je možno přebroušovat maximálně do 80ti % původní délky.

4.2.1.3 Technické údaje

Čidlem sondy je termočlánek podle ČSN 25 8304:	typ „K“ (NiCr-Ni)
Průměr termočlánekových větví:	3 mm
Třída přesnosti:	2
Doporučený měřicí rozsah pro sondu „QUICK“:	0 až 700 °C
Náběh na teplotu:	cca 2 s
Elektrický odpor izolace při provozní teplotě do 300°C:	1 MΩ
Odolnost vůči mechanickému namáhání dle ČSN 25 8301 čl. 22:	normální
Propojovací kompenzační vedení:	2 x 0,22 GLGLP
Délka vedení:	1200 mm

Tab. 2: Přehled technických parametrů dotykové sondy „QUICK“

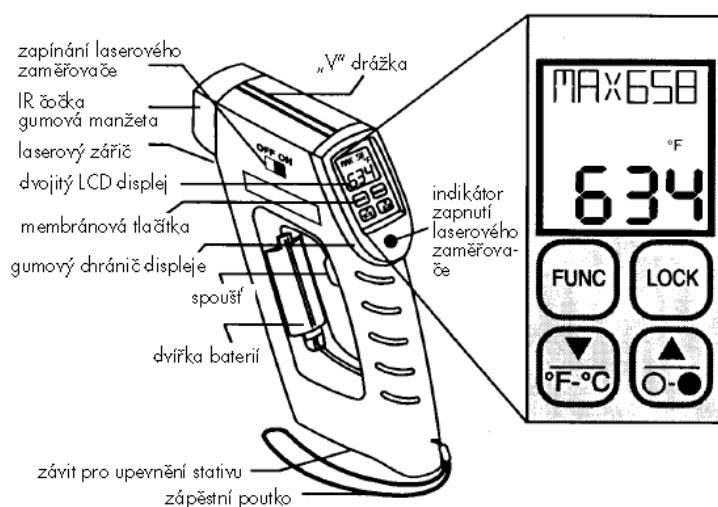
4.3.2 Bezdotykový teploměr – Omegascope OS532



Obr.3: Bezdotykový teploměr Omegascope OS532

4.3.2.1 Popis teploměru

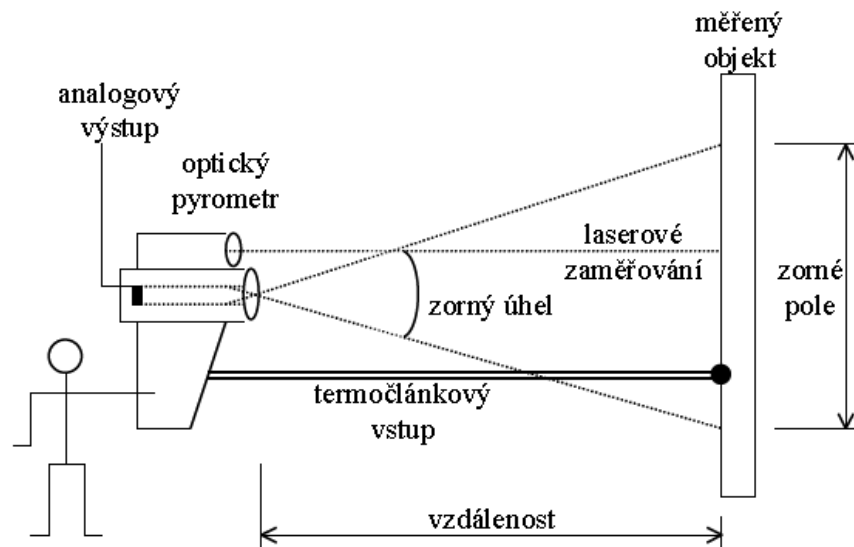
Teploměr Omegascope OS532, kterým bylo prováděno měření, patří mezi přístroje pro bezkontaktní měření povrchové teploty. Pracuje na principu snímání infračerveného záření z měřeného povrchu. Vlastní použití přístroje je stejně jako u ostatních bezdotykových teploměrů ve všech oborech průmyslu. Ze sortimentu nabízející bezdotykové teploměry na území České republiky by se zařadil mezi středně lepší teploměry v porovnání „vybavenost x cena“, ačkoliv vývoj těchto zařízení jde mílovými kroky dopředu a inovace na trhu je k nezastavení.



Obr.4: Popis bezdotykové teploměru Omegascope OS532

4.3.2.2 Princip a vlastní měření

Měření teploty forem pomocí bezdotykového teploměru pracuje na principu snímání intenzity infračerveného záření. Tato vyzařovaná energie je čočkami zaostřena na detektor, který podle zahřívání generuje elektrické signály. Tyto signály se po zesílení přivádějí do vyhodnocovacích obvodů teploměru, kde programové vybavení vypočte naměřenou teplotu.

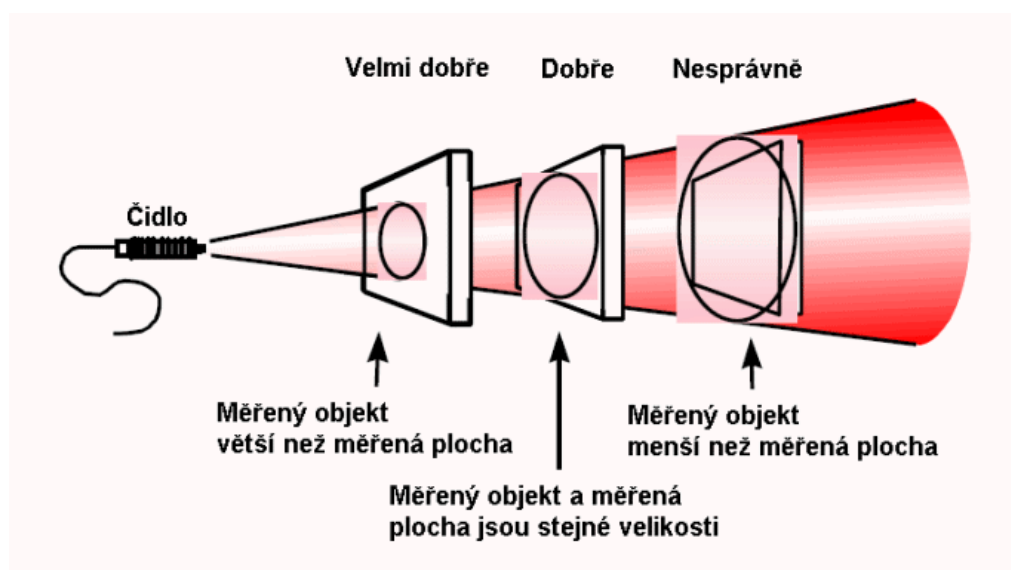


Obr.5: Schematické znázornění použití bezdotykového teploměru

Postup pro samotné měření je velmi jednoduchý:

- 1) přepnutí laserového spínače do polohy ON
- 2) zaměření laserového paprsku do určitého místa formy
- 3) stisknutí spouště
- 4) odečtení hodnoty z displeje

Ovšem nesmíme zapomenout na dva důležité faktory ovlivňující správné vyhodnocení měřené povrchové teploty. Je to správné určení emisivity měřeného objektu a zaměření infračerveného paprsku, které musí probíhat způsobem uvedeným níže na obrázku.



Obr.6: Znázornění správného použití infračerveného paprsku

4.3.2.3 Technické údaje

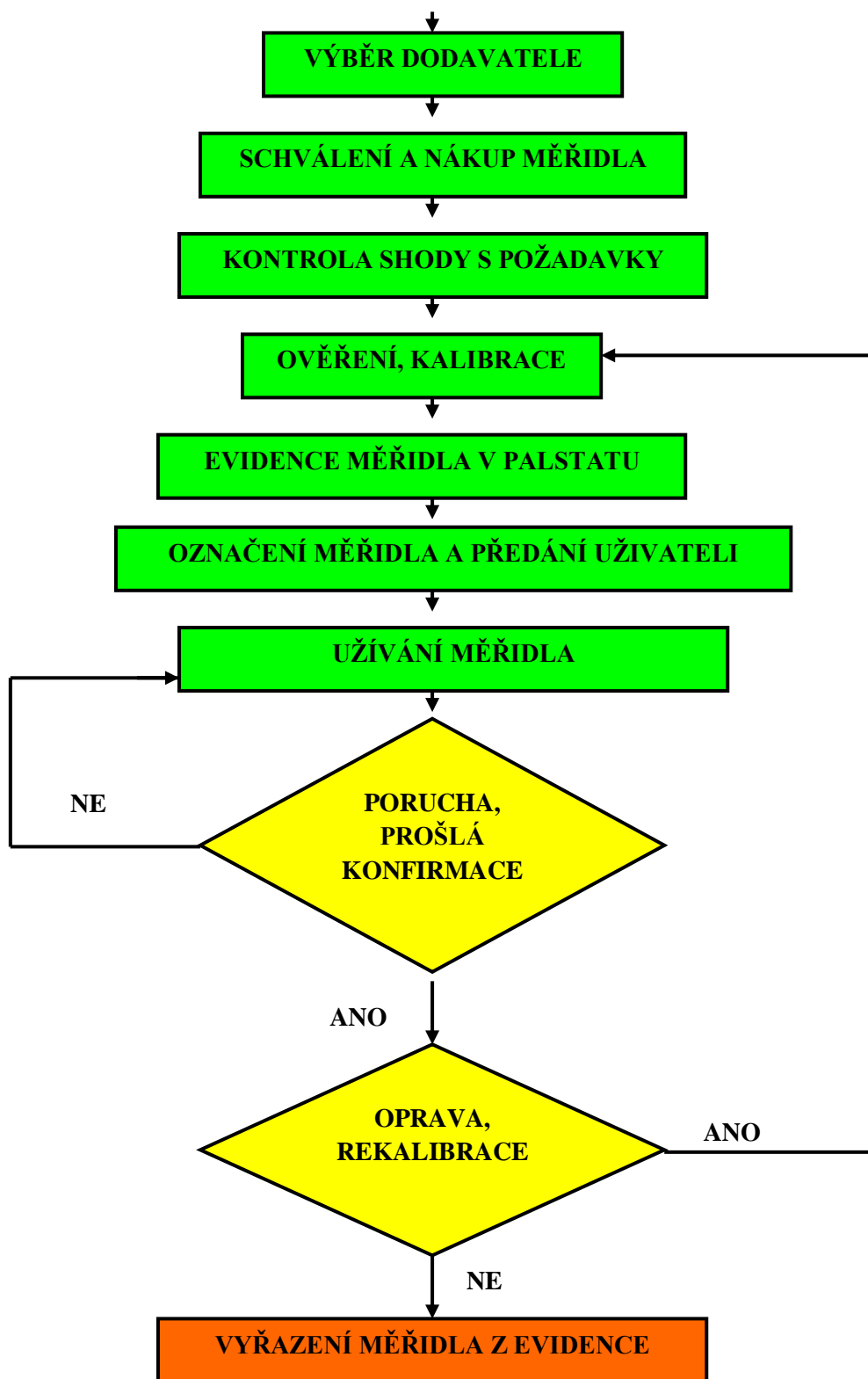
Měřicí rozsah teploměru:	-18 až 538 °C
Doba odezvy:	0,25 s
Měřicí vzdálenost:	132 mm až 30 m
Přesnost měření při teplotě 24 °C a emisivitě 0,95 a vyšší:	±2% měřené hodnoty minimálně 1,67 °C
Náběh na teplotu:	cca 2 s
Rozlišení:	1 s
Opakovatelnost měření:	± (1% měření hodnoty + 1 číslice)
Termočláňkový vstup (konektor SMP) :	typ „K“(-18 až 871 °C)
Doba odezvy pro termočlánek:	2 s
Přesnost term.vstupu (při teplotě okolí 24 °C) :	±3°C
Emisivita:	0,1 až 1s krokem 0,01
Provozní teplota okolí:	0 až 50 °C

Tab.3: Přehled technických parametrů bezdotykové teploměru Omegascope OS532

4.3 Životní cyklus měřicího přístroje

Společnost proseat, jako každá větší firma, se řídí danými pravidly pro výběr, evidenci a používání měřicího zařízení po celou dobu jeho životnosti.

Tento proces je zachycen na následujícím schématu.



Obr.7: Schematický přehled cyklu měřicího přístroje ve firmě proseat

5 Realizace různých způsobů měření teploty forem

5.1 Zvolení vzorku

Ve společnosti proseat je zaveden pracovní provoz v cyklu ranní směna, odpolední směna a noční směna. Tyto tři směny pracují na dvou výrobních linkách, a to pod označením OBK 20 a OBK 21. Rozdíl v těchto linkách je v počtu nosičů jednotlivých forem.

- Výrobní linka OBK 20 – 34 nosičů forem
- Výrobní linka OBK 21 – 22 nosičů forem

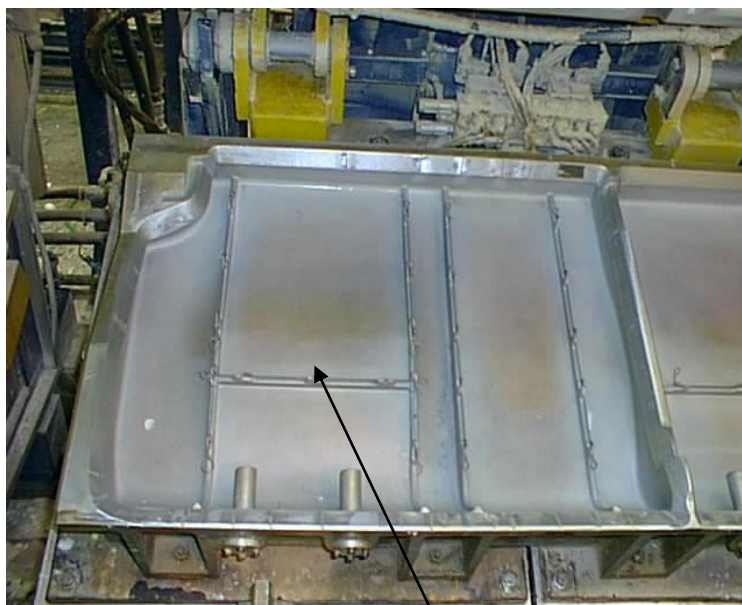
K dosažení výsledků a vypracování záměru nalezení optimálního řešení měření teploty forem jsem zvolil pět konkrétních nosičů forem na lince OBK 21. Jedná se o nosiče forem číslo 1,2,3,4,5, které jsem náhodně zvolil jako pozorovaný vzorek. U těchto forem se využívá typ pěny MDI, u něhož se musí pohybovat teplotní rozsah formy 50 ± 9 °C. Pokud teplota některé formy není v požadovaném intervalu teplot, vedoucí linky požaduje od formířů nové nastavení teploty na dané temperanční jednotce. Pokud ani po novém nastavení teplot není forma v požadovaném intervalu, poté provedou formíři kontrolu systému vytápění, popřípadě vyjmutí formy z linky a opravu na dílně.

5.2 Určení začátku měření

Vlastní měření muselo být zahájeno nástupem první noční směny z neděle na pondělí a to z toho důvodu, že přes víkend výrobní linka stojí. V této odstavce dochází externí firmou ke kompletnímu čištění jednotlivých forem od možné vrstvy tzv. separace, která se zde vytvoří během provozu. Tato separace je čirý film, který může mít za důsledek nepřesnost při měření teploty.

5.3 Postup měření teploty forem

Zvolených pět nosičů bylo po celý týden měřeno dvěma typy teploměrů. Prvním měřicím přístrojem byl termoelektrický teploměr s dotykovou sondou „QUICK“ a druhým měřicím přístrojem byl bezdotykový teploměr Omegascope OS532. Těmito dvěma měřicími zařízeními byla vždy ve stejnou dobu změřena aktuální teplota formy a poté zapsána. Důležité bylo pro vyhodnocování výsledků zkrátit prodlevu mezi měřeními jednotlivými teploměry na nejmenší možnou dobu. A také zvolení bodu na formě, kde budou všechna měření po celý pracovní týden odebírána.



*Obr.8: Určení místa měření formy pro linku
OBK 20*

Místo pro měření teploty povrchu pro dolní díly zadních opěr a sedáků. Platí pro všechny vyráběné typy vozů



Místo pro měření
teploty povrchu
u předních opěr.
Platí pro všechny
vyráběné typy vozů.

Místo pro měření
teploty povrchu
dolního dílu u
předních opěr a
předních sedáků.
Platí pro všechny
vyráběné typy vozů.

Obr.9: Určení místa měření formy pro linku OBK 21

Záznam teploty formy pomocí obou měřidel se prováděl vždy čtyřikrát během každé pracovní směny, a to v následujících časových úsecích:

- 1. měření - začátek pracovní směny
- 2. měření - po uplynutí 2,5 hodiny pracovní směny
- 3. měření - po uplynutí 4,5 hodin pracovní směny
- 4. měření - ke konci pracovní směny

Při klasickém provozu výrobní linky se provádí měření pouze dvakrát v průběhu pracovní směny. A to v první polovině a ve druhé polovině pracovní směny.

6 Zpracování dosažených výsledků

Výsledky měření teploty forem jsem pečlivě zaznamenával, a to vždy osobně při ranní směně provozu, zbylé dvě pracovní směny jsem zpracoval naměřené výsledky mistra dané směny, kterým bych chtěl ještě jednou touto cestou poděkovat za pomoc při zaznamenávání údajů pro zpracování této bakalářské práce.

Tyto výsledky provedené dvěma typy teploměrů na pěti zvolených formách jsem sjednotil pro každý pracovní den do jedné společné přehledné tabulky.

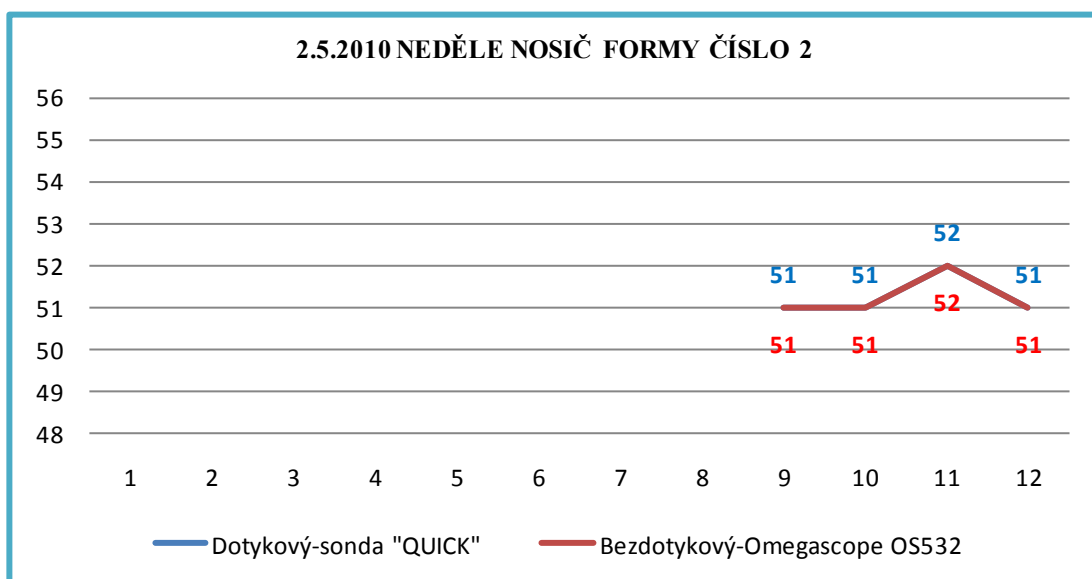
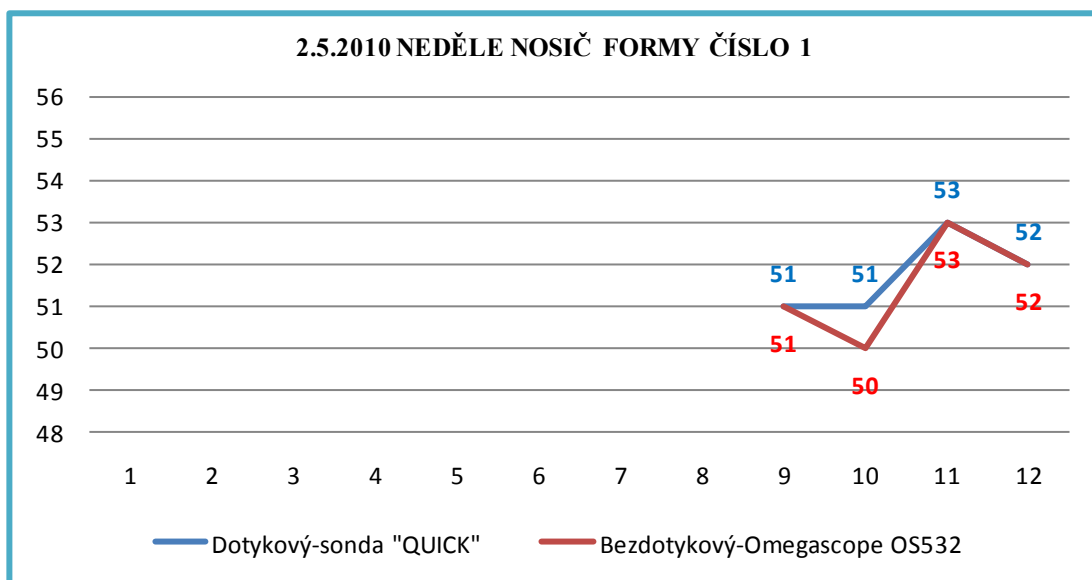
Dále jsem graficky znázornil případné naměřené rozdíly mezi jednotlivými měřícími zařízeními. Tento graf jsem zhotovil pro všechny měřené pracovní dny a jednotlivé nosiče forem.

Modrou barvou jsou vyznačeny získané teploty forem pomocí termoelektrického teploměru s dotykovou sondou „QUICK“ a červenou barvou jsou označeny získané teploty pomocí bezdotykového teploměru Omegascope OS532.

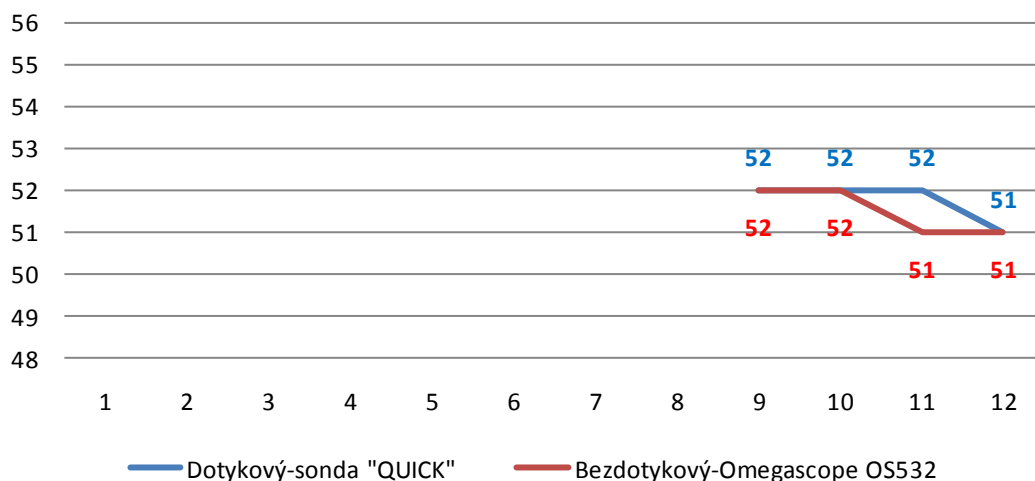
Tab. 4 až 9 Zpracování dosažených výsledků měření

Graf 2 až 31 Grafické určení rozdílnosti měření

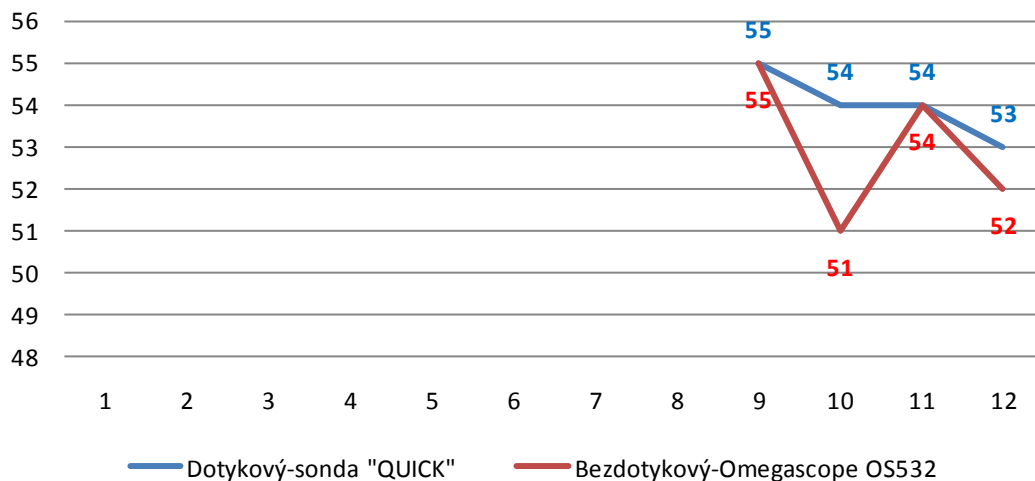
Datum měření	2.5.2010 NEDĚLE	Směna:				Směna:				Směna:			
		ranní				odpolední				noční			
Nosič	Teploměr	Teplota [°C]				Teplota [°C]				Teplota [°C]			
1	Dotykový-sonda "QUICK"									51	51	53	52
1	Bezdotykový-Omegascope OS532									51	50	53	52
2	Dotykový-sonda "QUICK"									51	51	52	51
2	Bezdotykový-Omegascope OS532									51	51	52	51
3	Dotykový-sonda "QUICK"									52	52	52	51
3	Bezdotykový-Omegascope OS532									52	52	51	51
4	Dotykový-sonda "QUICK"									55	54	54	53
4	Bezdotykový-Omegascope OS532									55	51	54	52
5	Dotykový-sonda "QUICK"									54	55	56	53
5	Bezdotykový-Omegascope OS532									54	55	56	53



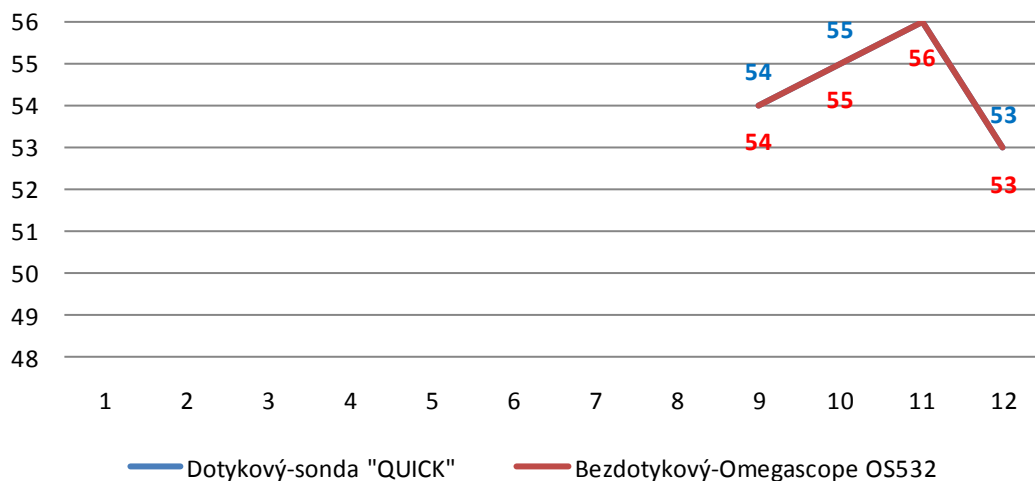
2.5.2010 NEDELE NOSIČ FORMY ČÍSLO 3



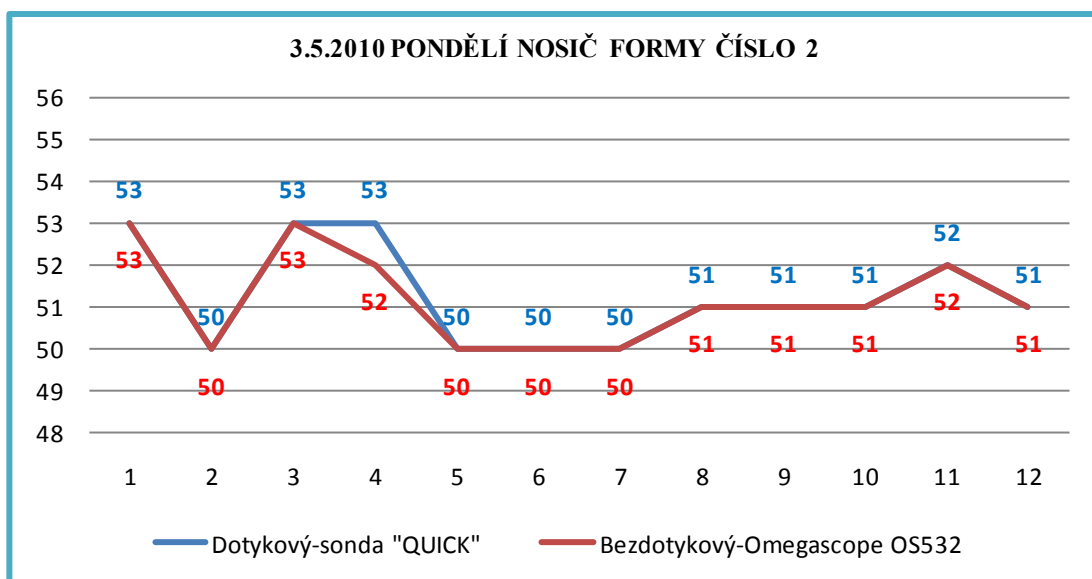
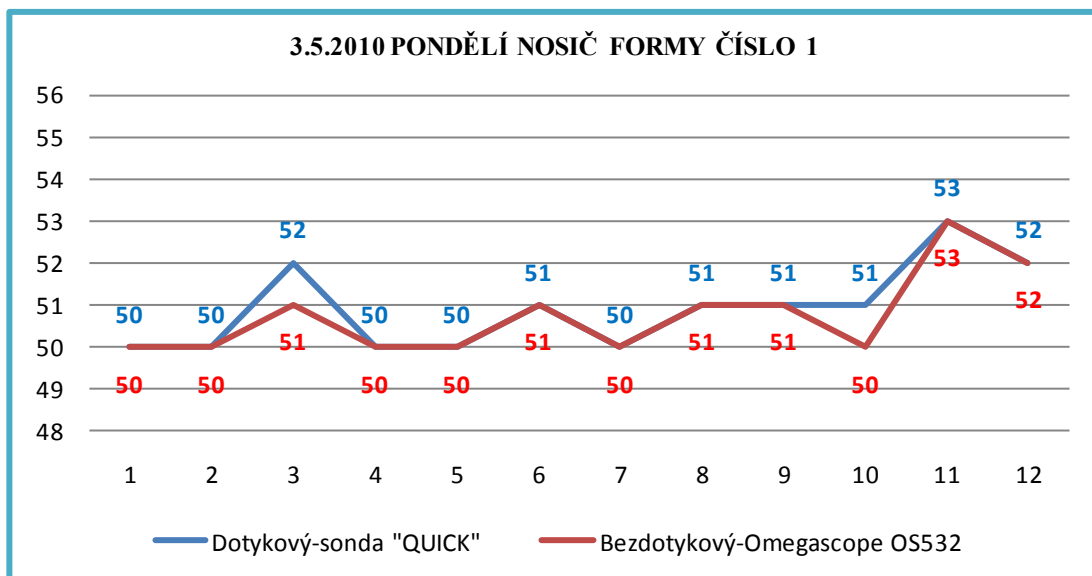
2.5.2010 NEDELE NOSIČ FORMY ČÍSLO 4



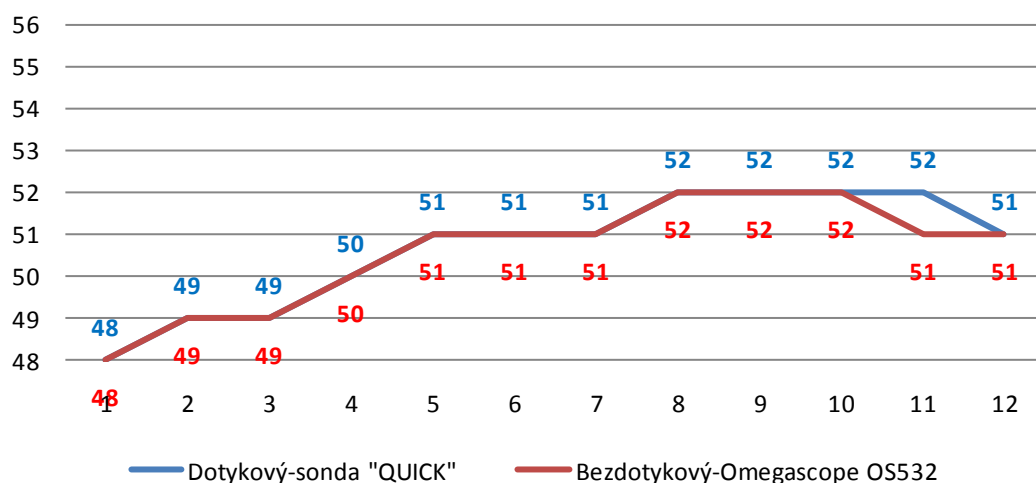
2.5.2010 NEDELE NOSIČ FORMY ČÍSLO 5



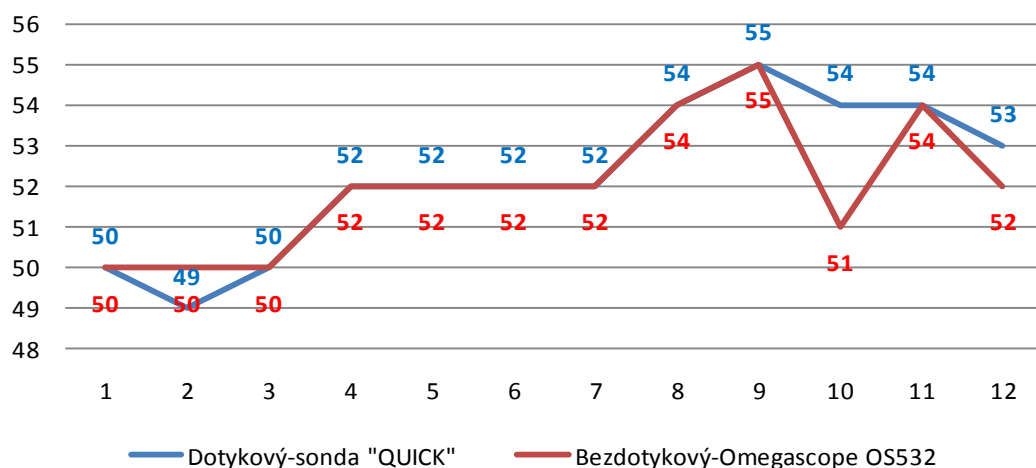
Datum měření	3.5.2010 PONDĚLÍ	Směna:				Směna:				Směna:			
		ranní				odpolední				noční			
Nosič	Teploměr	Teplota [°C]				Teplota [°C]				Teplota [°C]			
1	Dotykový-sonda "QUICK"	50	50	52	50	50	51	50	51	51	51	53	52
1	Bezdotykový-Omegascop OS532	50	50	51	50	50	51	50	51	51	50	53	52
2	Dotykový-sonda "QUICK"	53	50	53	53	50	50	50	51	51	51	52	51
2	Bezdotykový-Omegascop OS532	53	50	53	52	50	50	50	51	51	51	52	51
3	Dotykový-sonda "QUICK"	48	49	49	50	51	51	51	52	52	52	52	51
3	Bezdotykový-Omegascop OS532	48	49	49	50	51	51	51	52	52	52	51	51
4	Dotykový-sonda "QUICK"	50	49	50	52	52	52	52	54	55	54	54	53
4	Bezdotykový-Omegascop OS532	50	50	50	52	52	52	52	54	55	51	54	52
5	Dotykový-sonda "QUICK"	51	52	50	51	51	51	51	52	54	55	56	53
5	Bezdotykový-Omegascop OS532	51	51	50	51	51	51	51	52	54	55	56	53



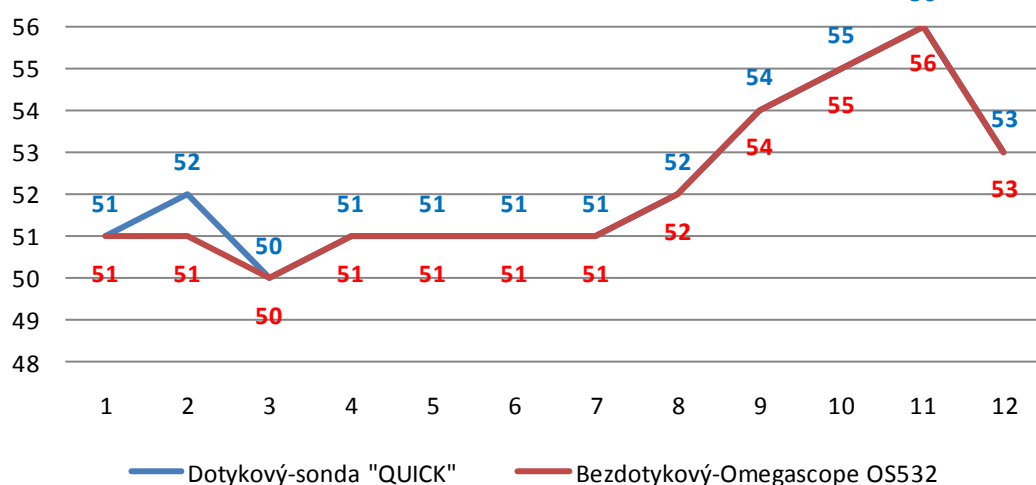
3.5.2010 PONDĚLÍ NOSIČ FORMY ČÍSLO 3



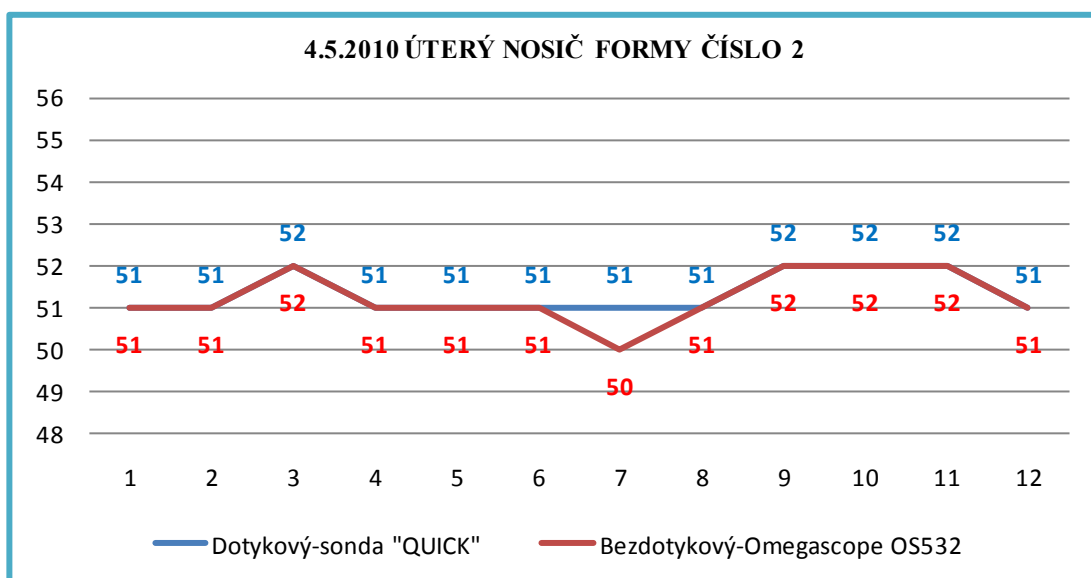
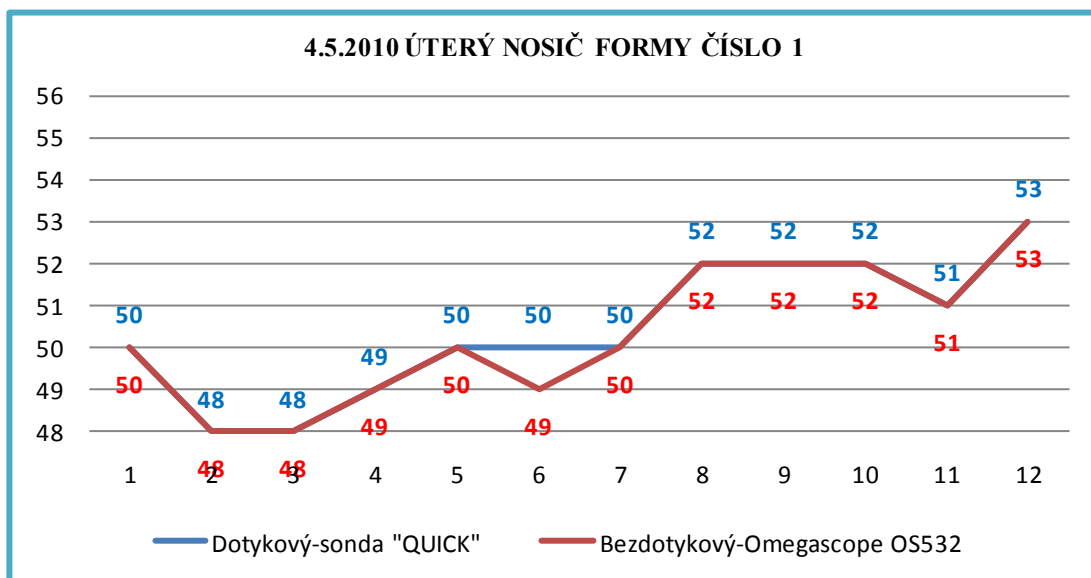
3.5.2010 PONDĚLÍ NOSIČ FORMY ČÍSLO 4



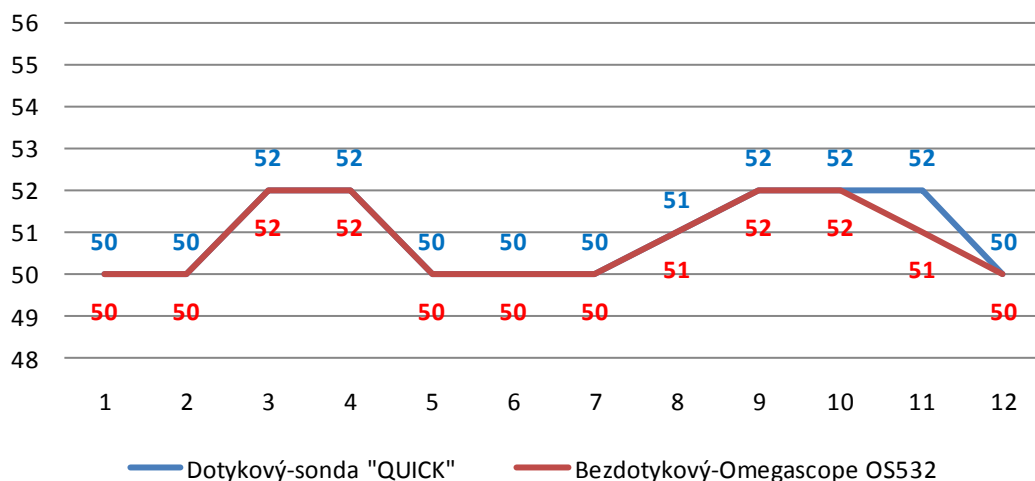
3.5.2010 PONDĚLÍ NOSIČ FORMY ČÍSLO 5



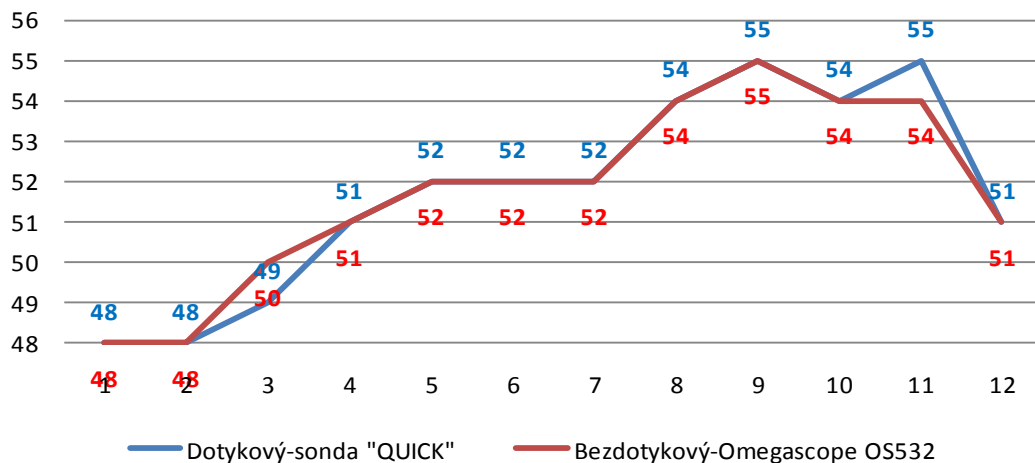
Datum měření	4.5.2010 ÚTERÝ	Směna:				Směna:				Směna:			
		ranní				odpolední				noční			
Nosič	Teploměr	Teplota [°C]				Teplota [°C]				Teplota [°C]			
1	Dotykový-sonda "QUICK"	50	48	48	49	50	50	50	52	52	52	51	53
1	Bezdotykový-Omegascope OS532	50	48	48	49	50	49	50	52	52	52	51	53
2	Dotykový-sonda "QUICK"	51	51	52	51	51	51	51	51	52	52	52	51
2	Bezdotykový-Omegascope OS532	51	51	52	51	51	51	50	51	52	52	52	51
3	Dotykový-sonda "QUICK"	50	50	52	52	50	50	50	51	52	52	52	50
3	Bezdotykový-Omegascope OS532	50	50	52	52	50	50	50	51	52	52	51	50
4	Dotykový-sonda "QUICK"	48	48	49	51	52	52	52	54	55	54	55	51
4	Bezdotykový-Omegascope OS532	48	48	50	51	52	52	52	54	55	54	54	51
5	Dotykový-sonda "QUICK"	52	52	53	53	53	53	53	55	55	54	55	53
5	Bezdotykový-Omegascope OS532	52	52	53	53	53	53	54	55	55	54	55	53



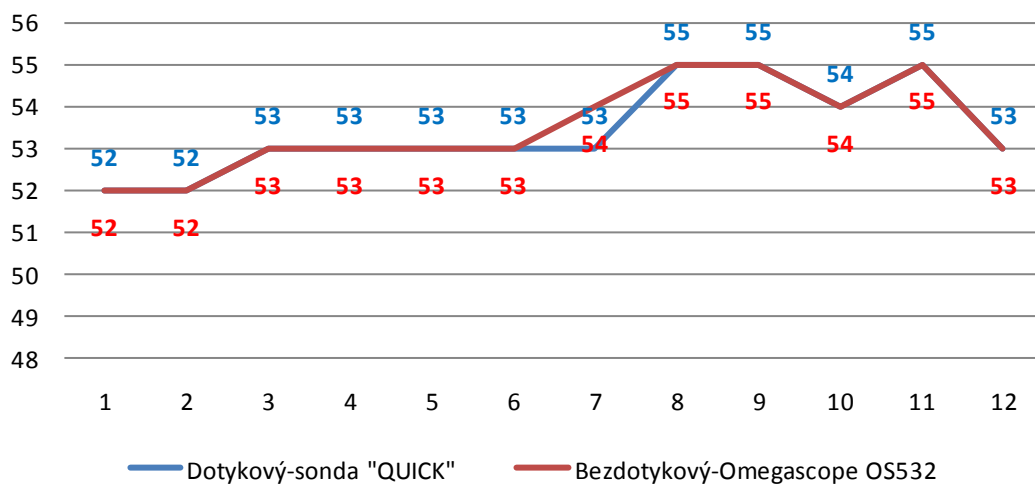
4.5.2010 ÚTERÝ NOSIČ FORMY ČÍSLO 3



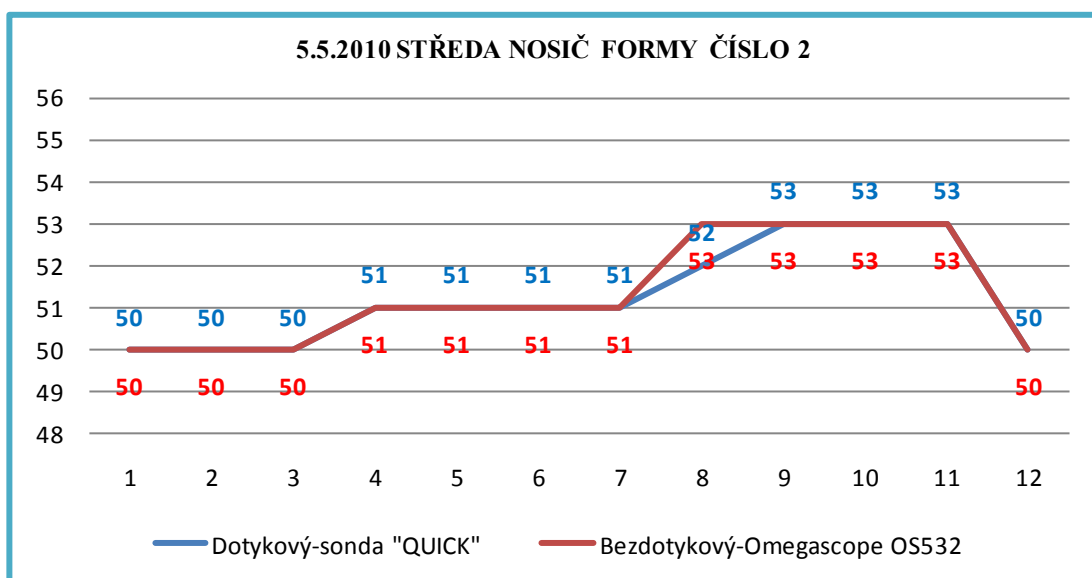
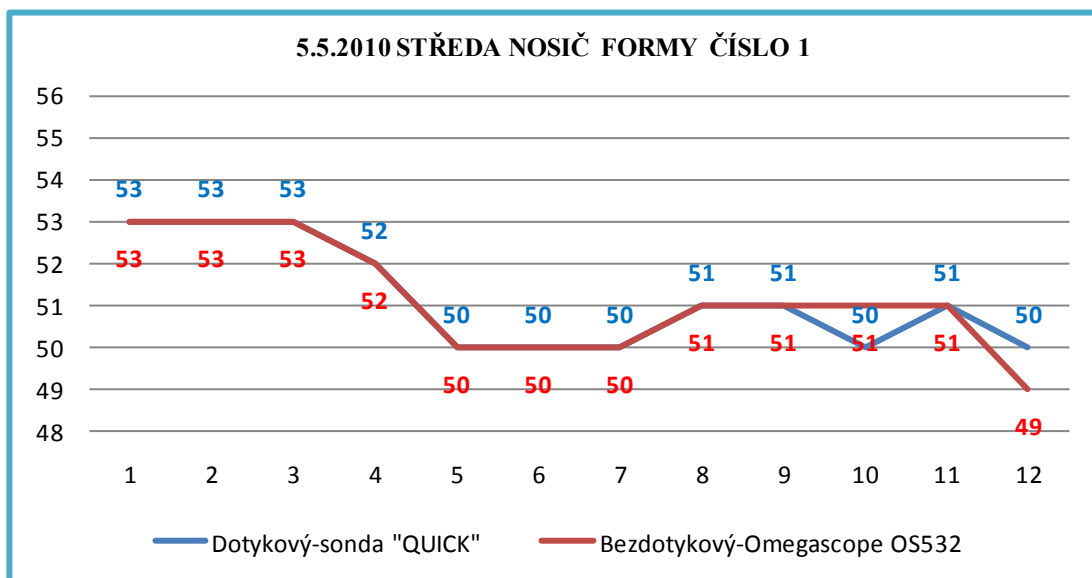
4.5.2010 ÚTERÝ NOSIČ FORMY ČÍSLO 4



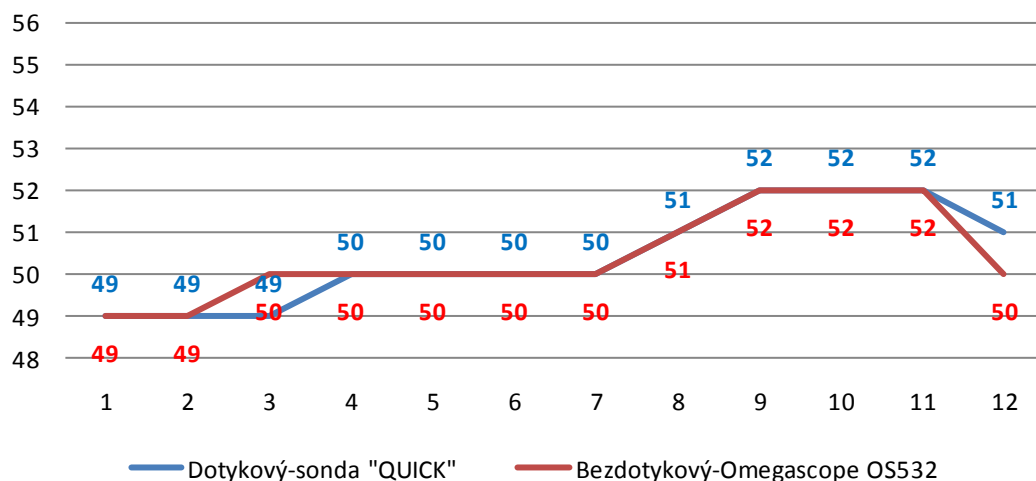
4.5.2010 ÚTERÝ NOSIČ FORMY ČÍSLO 5



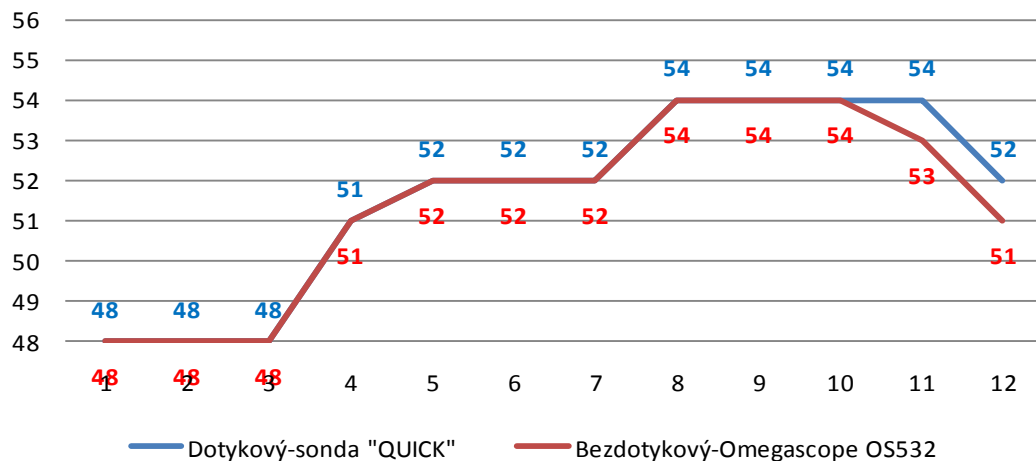
Datum měření	5.5.2010 STŘEDA	Směna:				Směna:				Směna:			
		ranní				odpolední				noční			
Nosič	Teploměr	Teplota [°C]				Teplota [°C]				Teplota [°C]			
1	Dotykový-sonda "QUICK"	53	53	53	52	50	50	50	51	51	50	51	50
1	Bezdotykový-Omegascope OS532	53	53	53	52	50	50	50	51	51	51	51	49
2	Dotykový-sonda "QUICK"	50	50	50	51	51	51	51	52	53	53	53	50
2	Bezdotykový-Omegascope OS532	50	50	50	51	51	51	51	53	53	53	53	50
3	Dotykový-sonda "QUICK"	49	49	49	50	50	50	50	51	52	52	52	51
3	Bezdotykový-Omegascope OS532	49	49	50	50	50	50	50	51	52	52	52	50
4	Dotykový-sonda "QUICK"	48	48	48	51	52	52	52	54	54	54	54	52
4	Bezdotykový-Omegascope OS532	48	48	48	51	52	52	52	54	54	54	53	51
5	Dotykový-sonda "QUICK"	52	51	51	52	53	53	53	54	54	54	53	51
5	Bezdotykový-Omegascope OS532	52	51	51	52	52	53	53	54	54	54	53	51



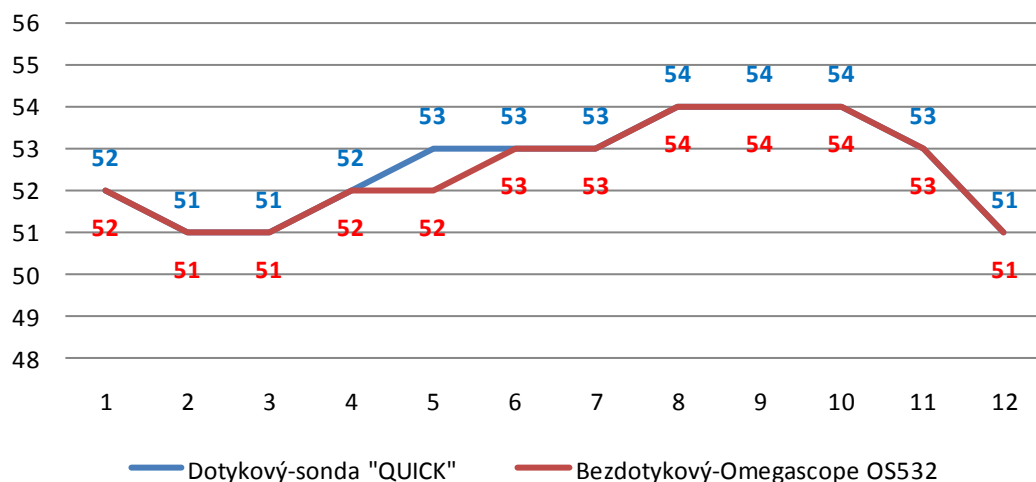
5.5.2010 STŘEDA NOSIČ FORMY ČÍSLO 3



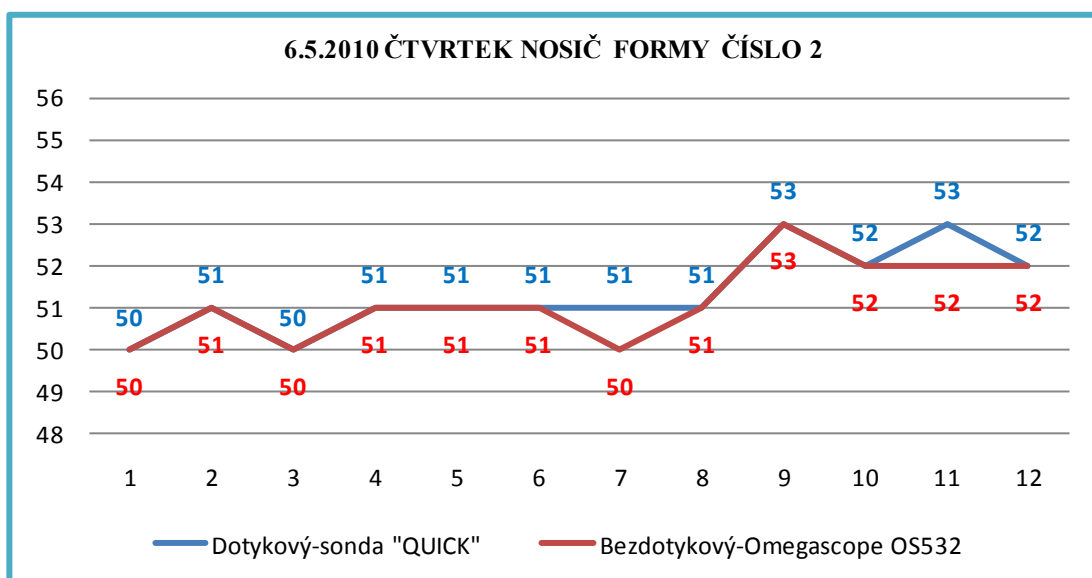
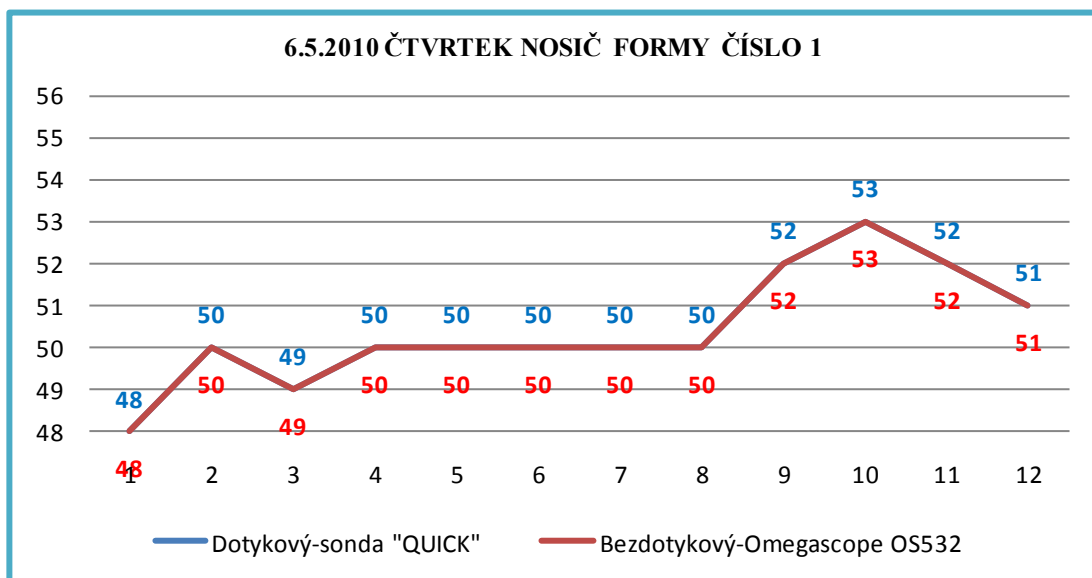
5.5.2010 STŘEDA NOSIČ FORMY ČÍSLO 4



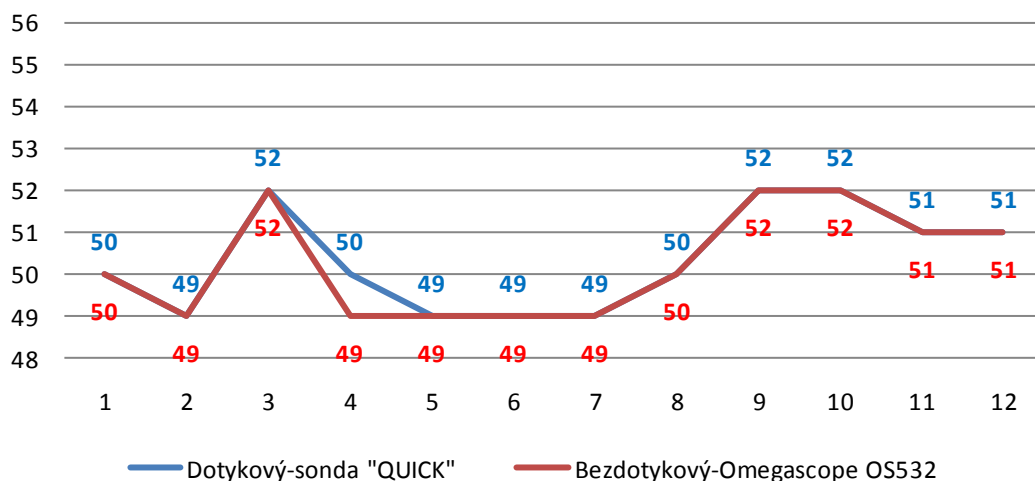
5.5.2010 STŘEDA NOSIČ FORMY ČÍSLO 5



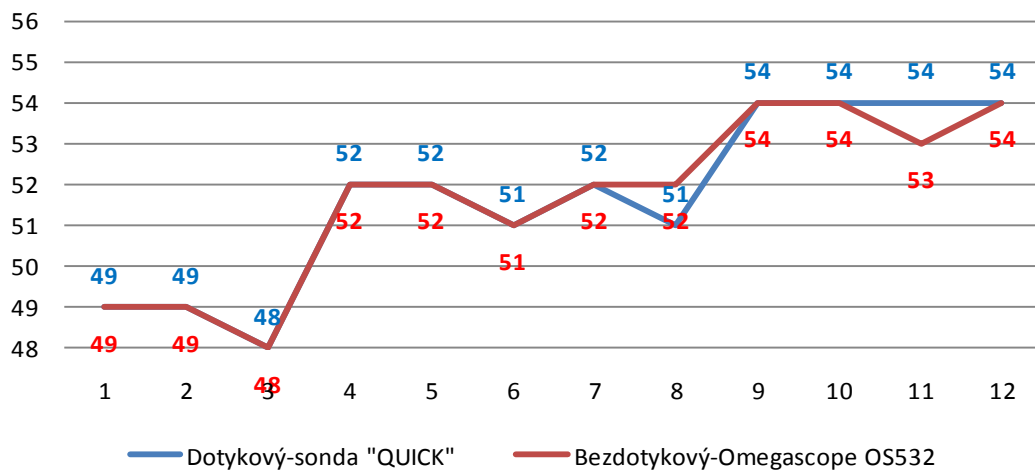
Datum měření	6.5.2010 ČTVRTEK	Směna:				Směna:				Směna:			
		ranní				odpolední				noční			
Nosič	Teploměr	Teplota [°C]				Teplota [°C]				Teplota [°C]			
1	Dotykový-sonda "QUICK"	48	50	49	50	50	50	50	50	52	53	52	51
1	Bezdotykový-Omegascope OS532	48	50	49	50	50	50	50	50	52	53	52	51
2	Dotykový-sonda "QUICK"	50	51	50	51	51	51	51	51	53	52	53	52
2	Bezdotykový-Omegascope OS532	50	51	50	51	51	51	50	51	53	52	52	52
3	Dotykový-sonda "QUICK"	50	49	52	50	49	49	49	50	52	52	51	51
3	Bezdotykový-Omegascope OS532	50	49	52	49	49	49	49	50	52	52	51	51
4	Dotykový-sonda "QUICK"	49	49	48	52	52	51	52	51	54	54	54	54
4	Bezdotykový-Omegascope OS532	49	49	48	52	52	51	52	52	54	54	53	54
5	Dotykový-sonda "QUICK"	50	51	50	53	53	54	53	54	54	53	54	52
5	Bezdotykový-Omegascope OS532	50	51	50	53	53	54	54	54	54	53	54	52



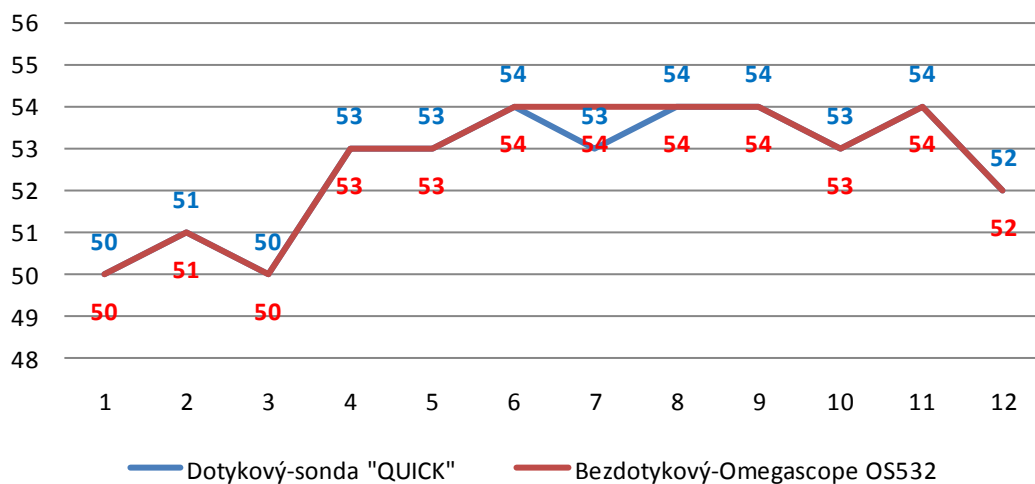
6.5.2010 ČTVRTEK NOSIČ FORMY ČÍSLO 3



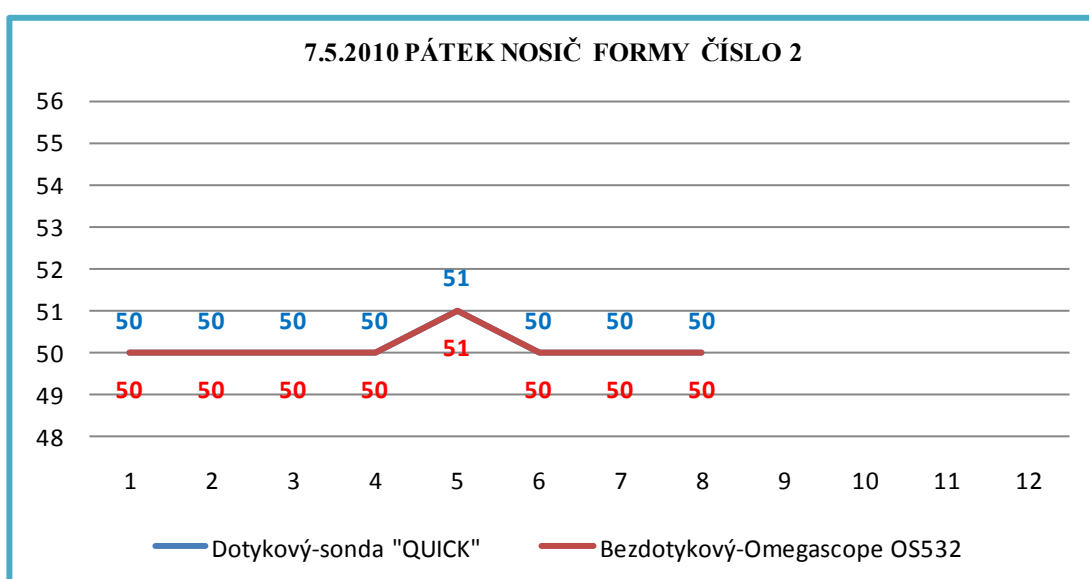
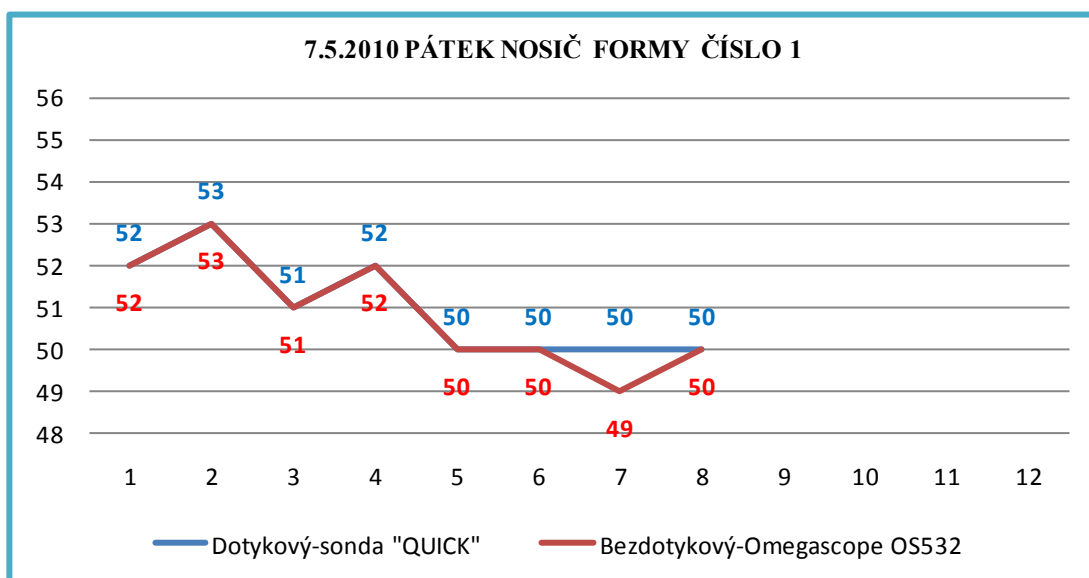
6.5.2010 ČTVRTEK NOSIČ FORMY ČÍSLO 4



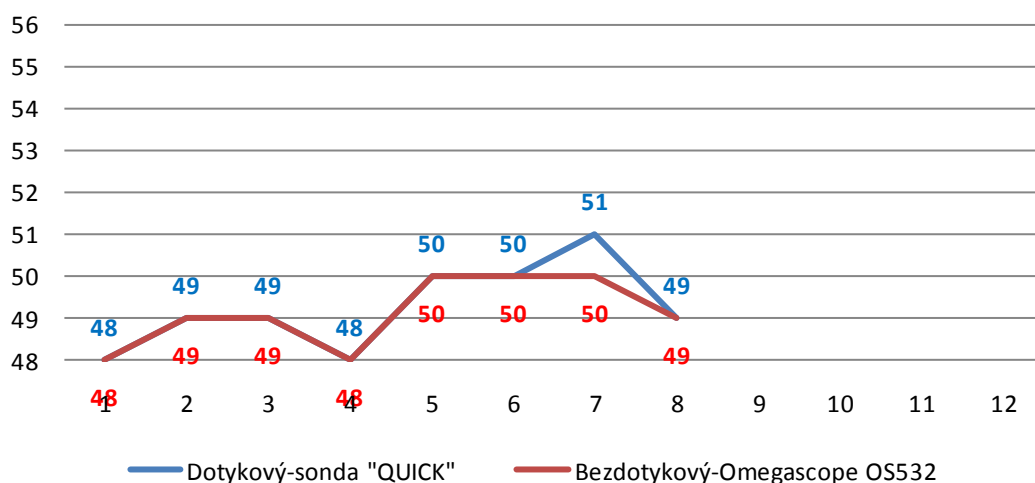
6.5.2010 ČTVRTEK NOSIČ FORMY ČÍSLO 5



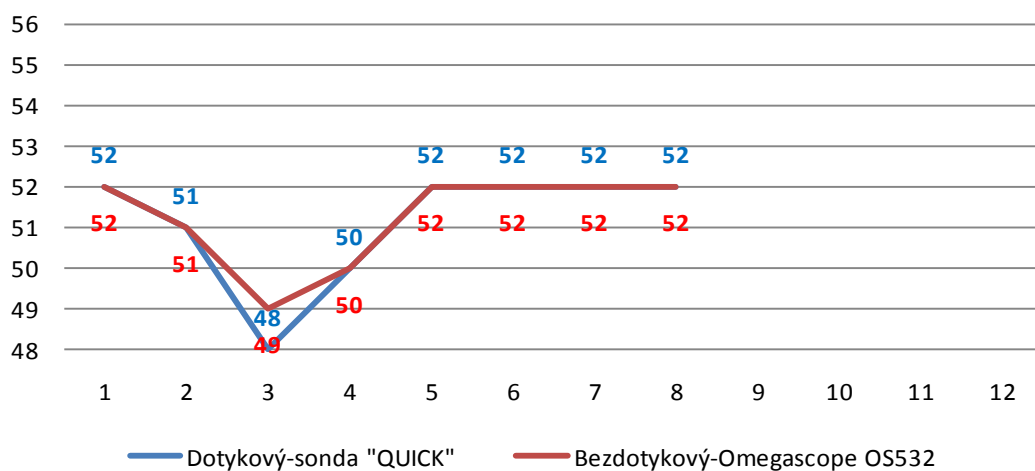
Datum měření	7.5.2010 PÁTEK	Směna:				Směna:				Směna:			
		ranní				odpolední				noční			
Nosič	Teploměr	Teplota [°C]				Teplota [°C]				Teplota [°C]			
1	Dotykový-sonda "QUICK"	52	53	51	52	50	50	50	50				
1	Bezdotykový-Omegascope OS532	52	53	51	52	50	50	49	50				
2	Dotykový-sonda "QUICK"	50	50	50	50	51	50	50	50				
2	Bezdotykový-Omegascope OS532	50	50	50	50	51	50	50	50				
3	Dotykový-sonda "QUICK"	48	49	49	48	50	50	51	49				
3	Bezdotykový-Omegascope OS532	48	49	49	48	50	50	50	49				
4	Dotykový-sonda "QUICK"	52	51	48	50	52	52	52	52				
4	Bezdotykový-Omegascope OS532	52	51	49	50	52	52	52	52				
5	Dotykový-sonda "QUICK"	51	51	50	52	53	53	52	53				
5	Bezdotykový-Omegascope OS532	51	51	51	52	53	53	52	52				



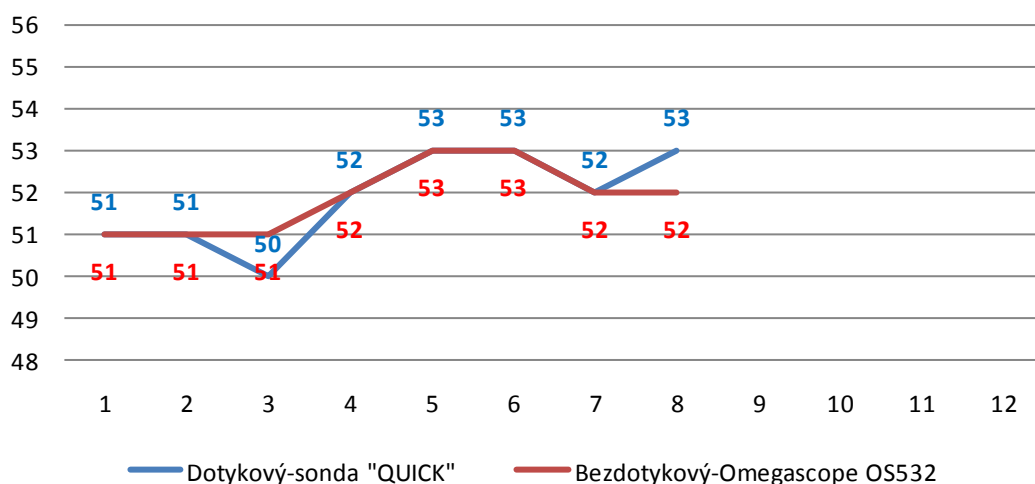
7.5.2010 PÁTEK NOSIČ FORMY ČÍSLO 3



7.5.2010 PÁTEK NOSIČ FORMY ČÍSLO 4



7.5.2010 PÁTEK NOSIČ FORMY ČÍSLO 5



7 Vyhodnocení a nalezení optimálního řešení

7.1 Vyhodnocení provedeného měření

Měření teploty forem, které probíhalo celý pracovní týden na výrobní lince OBK 21 bylo prováděno dvěma typy teploměrů, jejichž hodnoty byly celý týden pečlivě zaznamenávány. Na pěti náhodně zvolených nosičích forem bylo za celý týden provedeno celkem 600x měření aktuální teploty. Přičemž ve 36 případech se aktuálně naměřené teploty jednotlivými teploměry lišily. Z čehož je patrné, že výsledky měření obou teploměrů nevykazují výrazné rozdíly. Vzhledem k této skutečnosti není tedy až tak podstatné, jakým typem teploměrů je měření prováděno.

Tyto naměřené teplotní rozdíly mohly být způsobené nejen vlastními přístroji, ale také působícími vnějšími vlivy.

Mezi které můžeme řadit např.:

- časová prodleva mezi jednotlivým měřením,
- snímání teploty v jiném bodě formy,
- vliv separace,
- prašnost v pracovním prostředí,
- špatné zacházení s používanými teploměry.

Všechny tyto možné ovlivňující faktory jsem se snažil v průběhu celého měření v rámci možností eliminovat.

7.2 Porovnání používaných měřících zařízení

Provedené srovnání použitých teploměrů jsem učinil po týdenním měření v provozu pracovní linky ve společnosti proseat a také po prostudování odborné literatury zabývající se problematikou dotykových a bezdotykových teploměrů.

Předmětem porovnání je dotykový termoelektrický teploměr se sondou „QUICK“ a bezdotykový teploměr Omegascope OS532.

Bezdotykový teploměr Omegascope OS532

Výhody:

- rychlost měření, která se pohybuje v milisekundovém rozsahu, tudíž se šetří čas a umožňuje uskutečňovat více měření,
- nedochází k ovlivnění měřeného objektu, při měření není odebírána žádná energie,
- nedochází k žádným mechanickým účinkům na povrch forem (poškrábání povrchu).

Další všeobecné výhody pro bezdotykové teploměry jsou následující:

- možnost měření pohybujících se objektů,
- provádění měření na nesnadno dostupných nebo nebezpečných místech,
- měření velmi vysokých teplot (nad 1300 °C).

Nevýhody:

- dodržování správné vzdálenosti měřicího přístroje od měřené formy,
- měření pouze povrchové teploty, přičemž je důležité znát emisivitu měřené formy,
- měřený objekt musí být opticky viditelný (vysoké množství prachu a kouře snižují přesnost měření),
- optika čidla musí být chráněna před kondenzujícími kapalinami a prachem,
- pořizovací cena přístroje,
- finančně náročná kalibrace.

Termoelektrický teploměr s dotykovou sondou „QUICK“

Výhody:

- pořizovací cena přístroje,
- jednoduchost obsluhy,
- nižší náklady na kalibraci.

Nevýhody:

- možnost mechanických účinků na povrch forem (poškrábání povrchu),
- opotřebení a možné zničení hrotů ke snímání teploty při nedůsledném používání,
- delší doba měření.

7.3 Nalezení optimálního řešení

Optimálním řešením měření teploty forem pro výrobu PUR tvarovek ve společnosti proseat, shledávám měření termoelektrickým teploměrem s dotykovou sondou „QUICK“. Pro navrhnutí tohoto typu teploměru jsem došel díky několika jasným faktorům hovořící ve prospěch dotykového přístroje v porovnání s přístrojem bezdotykovým.

Faktory, které mě přesvědčily, pro volbu dotykového termoelektrického teploměru byly následující. Prvním důležitým faktem je pořizovací cena obou měřících přístrojů a také další budoucí finanční náročnost spojená s kalibrací prováděnou externí firmou. V dnešní době, kdy hýbe světem ekonomická recese, je i tento fakt bohužel hodnotícím kritériem a každé výdaje spojené s výrobním procesem jsou pod přísnou kontrolou finančního manažera společnosti.

Dále hovoří pro další budoucí používání dotykového teploměru jeho jednoduchost používání bez nastavování dalších parametrů, které může leckdy obsluha přístroje vinou nevědomosti nebo špatným zacházením zapomenout.

Jedním z dalších důvodů je také to, že obsluha měřícího dotykového zařízení koná kontakt přímo s formou v místě, které zvolí pro dané měření, přičemž u používání bezdotykového typu teploměru pracovník nemusí dodržet správnou vzdálenost detektoru od měřené formy a tím pádem může dojít k nepřesnosti měření.

V neposlední řadě můj názor pro toto řešení utvrdili samotní dělníci obsluhující výrobní linku každodenně s těmito typy přístrojů. Ti sami se také přiklonili k používání termoelektrického teploměru s dotykovou sondou „QUICK“.

8 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo nalezení optimálního řešení měření teploty forem pro výrobu PUR tvarovek pro společnost proseat Mladá Boleslav s. r. o. Firma v současné době řešila otázku jakými typy měřících zařízení provádět měření teploty, a to nejen kvůli dosavadní nejednotnosti používaných měřidel, ale také v souvislosti s připravovaným nákupem nových teploměrů.

Pro nalezení vhodného řešení jsem postupoval následujícím způsobem. Nejprve jsem byl komplexně seznámen se společností proseat a samotnou výrobou, dále pak s výrobní linkou a v neposlední řadě s používanými měřícími zařízeními.

Pro praktické provedení zjištěných skutečností jsem zvolil pět náhodně vybraných nosičů forem, u kterých jsem pečlivě zaznamenával teplotu po celý pracovní týden termoelektrickým teploměrem s dotykovou sondou „QUICK“ a také bezdotykovým teploměrem Omegascope OS532.

Po provedení všech měření, vyhodnocení jejich výsledků, a po prostudování odborné literatury zabývající se problematikou dotykových a bezdotykových teploměrů jsem došel k následujícímu závěru. Pro společnost proseat Mladá Boleslav navrhuji k měření teploty forem pro výrobu PUR tvarovek používat termoelektrický teploměr s dotykovou sondou „QUICK“.

Pro jeho další využívání ve firmě hovoří jasně jeho nižší pořizovací cena, nižší náklady na kalibraci, jednoduchost jeho používání v běžném provozu pracovní linky a také menší riziko chybných měření způsobených lidským faktorem, které může být zapříčiněno nevědomostí nebo špatným zacházením s měřícím přístrojem.

Společnost proseat mnou nalezené řešení plně přijala. Spokojena byla jak s teoretickým obsahem provedené studie, tak s četností provedených měření a s nalezeným výsledkem se ztotožnila.

V brzké době bude realizován nákup několika kusů termoelektrických teploměrů s dotykovými sondami „QUICK“.

Seznam použité literatury

1. PTÁČEK, J., JENČÍK, J., ČERNÝ, M., BOROVIČKA, M., RAMERT, B.: Měření teploty v průmyslu sv.1, 2. vyd., Praha : DT ČSVTS, 1993, 339 s.
2. PTÁČEK, J., JENČÍK, J., ČERNÝ, M., BOROVIČKA, M., RAMERT, B.: Měření teploty v průmyslu sv.2, 2. vyd., Praha : DT ČSVTS, 1993, 272 s.
3. KREIDL, M.: Měření teploty senzory a měřicí obvody, 1 vyd., Praha : BEN-technická literatura, 2005, 230 s.
4. AMBROS, F.: Experimentální metody, 1. vyd., ČVUT, 1986, 155 s.
5. MATUŠKA, T.: Experimentální metody v technice prostředí, vyd.1, ČVUT, 2005, 200 s.
6. JENČÍK, J., VOLF, J., a kolektiv: Technická měření, ČVUT, 2003, 212 s.
7. ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT: Metrologie v kostce, 2. vyd., 2003, 55 s.
8. www.qtest.cz – měřicí a přístrojová technika.

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tabulka 1 – Přehled typů vybraných termočlánků.....	15
Graf 1 – Charakteristiky vybraných termoelektrických článků.....	16
Obrázek 1 – Rozdělení bezdotykových snímačů teploty.....	19
Obrázek 2 – Dotyková sonda „QUICK“.....	21
Tabulka 2 – Přehled technických parametrů dotykové sondy „QUICK“.....	23
Obrázek 3 – Bezdotykový teploměr Omegascope OS532.....	23
Obrázek 4 – Popis bezdotykového teploměru Omegascope OS532.....	24
Obrázek 5 – Schematické znázornění použití bezdotykového teploměru.....	25
Obrázek 6 – Znázornění správného použití infračerveného paprsku.....	25
Tabulka 3- Přehled techn. parametrů bezdot. teploměru Omegascope OS532.....	26
Obrázek 7 – Schematický přehled cyklu měřicího přístroje ve firmě proseat.....	27
Obrázek 8 – Určení místa měření formy pro linku OBK 20.....	29
Obrázek 9 – Určení místa měření formy pro linku OBK 21.....	30
Tabulka 4 až 9 – Zpracování výsledků měření.....	32-42
Graf 2 až 31 – Grafické určení rozdílnosti měření.....	32-43

Seznam použitých zkratk a symbolů

atd.:	a tak dále
apod.:	a podobně
např.:	například
PUR:	polyuretan
°C:	stupeň Celsia
K:	Kelvin
s.r.o.:	společnost s ručením omezeným
m:	metr
mm:	milimetr
μm:	mikrometr
MΩ:	mega ohm
min.:	minimálně